



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**ALEXANDRE BARBOSA MELO DE CARVALHO**  
DRE 100171860

## **Introdução a Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino Médio**

**Orientador: Prof. Ricardo Cunha Michel**

Rio de Janeiro  
Centro de Tecnologia – Instituto de Química  
**Março de 2008**

**ALEXANDRE BARBOSA MELO DE CARVALHO**  
**DRE 100171860**

## **Introdução a Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino Médio**

Monografia de final de curso apresentada na  
Universidade Federal do Rio de Janeiro -  
Centro de Tecnologia - Instituto de Química,  
como requisito parcial para obtenção do grau  
de Licenciado em Química.

**Orientador: Prof. Ricardo Cunha Michel**

Rio de Janeiro  
**Março de 2008**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE QUÍMICA

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**CURSO: LICENCIATURA EM QUÍMICA**

**LICENCIANDO: ALEXANDRE BARBOSA MELO DE CARVALHO**

**ORIENTADOR: RICARDO CUNHA MICHEL**

**TÍTULO DE MONOGRAFIA:**

**INTRODUÇÃO A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA PARA O  
ENSINO MÉDIO**

---

**RICARDO CUNHA MICHEL – UFRJ/IMA**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**JOÃO MASSENA MELO FILHO – UFRJ/IQ/DQI**

---

**MANUEL CASTRO CARNEIRO – UFRJ/IQ/DQA**

Aprovada pela comissão examinadora.

Rio de Janeiro, 26 de março de 2008.

Aos meus pais, irmão e noiva pelo carinho de sempre.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela oportunidade.

Aos Familiares, pelos momentos que não pudemos estar presentes.

Ao Orientador, por todo apoio e compreensão.

Todos que colaboraram para a conclusão deste trabalho.

*“There´s plenty of room at the botoom”*

*“Há espaço de sobra lá embaixo.”*

*Richard Feynman(1918-1988)- Palestra em 1959 no Caltech (California)*

*“Ao entrar nesse mundo, você irá perceber que as máquinas  
mais evoluídas vão se tornar tão pequenas quanto as moléculas  
e a eletrônica será transportada para uma dimensão mil vezes menor que a atual”*

*ProfºHenrique Toma, O Mundo Nanométrico: A Dimensão do Novo Século, 2003.*

## Resumo

Este projeto mostra a necessidade de ensino de conceitos de nanociência, aproximando o estudante das metas centrais desse ramo da ciência, bem como da própria percepção da dimensão de tamanho. Para isso serão abordados diversos conceitos que vão desde o átomo até a formação da matéria, elementos da tabela periódica, as escalas de tamanho do nanômetro e as transformações que o homem está conquistando pelo desenvolvimento das nanociências. A nanotecnologia no Ensino Médio será explorada apresentando um breve histórico mencionando também sobre Richard Feynman com suas idéias relacionadas ao desenvolvimento dessa tecnologia, conceitos e questões-chave, inovações tecnológicas que estão ocorrendo atualmente no mundo e as que estão apontando para o futuro próximo e as suas aplicações nas mais diversas áreas como medicina e qualidade de vida, tecnologia e comunicação da informação, produção e armazenagem de energia, ciência dos materiais, alimentos, água e meio ambiente, tintas, fármacos “drug-delivery” e muitas outras. Em sala de aula, com alunos, o tema também pode ser exposto e discutido com a elaboração de experimentos, apresentação de vídeos ou construção de um mural informativo, explorando seu rico apelo visual, que instigue aos alunos a pesquisarem sobre o assunto nanotecnologia em jornais e revistas ou internet e levem esses conceitos para o seu dia a dia, estimulando o aprendizado em Química, assim como provendo os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam tais tecnologias.

O trabalho não foi aplicado em sala de aula, pois durante o estágio de prática de ensino ainda não tinha este trabalho elaborado, mas fica a proposta para uma próxima oportunidade.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>03</b>
<b>3. INTRODUÇÃO A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA .....</b>	<b>04</b>
<b>3.1 O QUE É NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA.....</b>	<b>04</b>
<b>3.1.1 PROPOSTA DE ATIVIDADE .....</b>	<b>08</b>
<b>3.2 HISTÓRIA DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA .....</b>	<b>09</b>
<b>3.3 TERMOS E CONCEITOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3.1 PROPOSTA DE ATIVIDADE .....</b>	<b>12</b>
<b>3.4 MULTIDISCIPLINARIDADE .....</b>	<b>16</b>
<b>4. FAZENDO NANOTECNOLOGIA .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1 NANOMATERIAIS .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1.1 PROPOSTA DE ATIVIDADE .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2 NANOMETRIA .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2.1 OS MICROSCÓPIOS DE FORÇA ATÔMICA .....</b>	<b>22</b>
<b>4.2.2 OS MICROSCÓPIOS DE TUNELAMENTO.....</b>	<b>23</b>
<b>4.2.3 PROPOSTA DE ATIVIDADE .....</b>	<b>25</b>
<b>5. APLICAÇÕES DA NANOTECNOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 CIENTÍFICAS.....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 COMERCIAIS.....</b>	<b>28</b>
<b>5.3 EMPRESAS .....</b>	<b>30</b>
<b>5.4 PROPOSTA DE ATIVIDADE .....</b>	<b>32</b>
<b>5.5 CURIOSIDADES DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
<b>6. IMPACTOS DO USO DA NANOTECNOLOGIA .....</b>	<b>42</b>
<b>6.1 SOCIAL.....</b>	<b>42</b>
<b>6.2 MEIO AMBIENTE .....</b>	<b>43</b>
<b>6.3 SAÚDE.....</b>	<b>43</b>
<b>7. CENÁRIO ATUAL.....</b>	<b>44</b>
<b>7.1 INICIATIVAS .....</b>	<b>44</b>
<b>7.2 NANOTECNOLOGIA NO BRASIL.....</b>	<b>45</b>
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>48</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>51</b>
<b>10. BIBLIOGRAFA CONSULTADA .....</b>	<b>54</b>



## 1. Introdução

A inclusão de assuntos de ciência e tecnologia da atualidade no Ensino Médio é sugerida nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM e tem como função didática fomentar a construção de conceitos da base curricular comum, prover uma maior interdisciplinaridade além de propiciar o início de um processo de assimilação de cultura científica dos alunos.

*“... as tecnologias precisam encontrar espaço próprio no aprendizado escolar regular, de forma semelhante ao que aconteceu com as ciências, muitas décadas antes, devendo ser vistas também como processo, e não simplesmente como produto. A tecnologia no aprendizado escolar deve constituir-se também em instrumento da cidadania, para a vida social e para o trabalho” (PCNEM, 2000).*

*“A nanotecnologia é extremamente importante para o Brasil, porque a indústria brasileira terá de competir internacionalmente com novos produtos para que a economia do país se recupere e retome o crescimento econômico. Esta competição somente será bem sucedida com produtos e processos inovadores, que se comparem aos melhores que a indústria internacional oferece. Isto significa que o conteúdo tecnológico dos produtos ofertados pela indústria brasileira terá de crescer substancialmente nos próximos anos e que a força de trabalho do país terá de receber um nível de educação em ciência e tecnologia muito mais elevado do que o de hoje. Este é um grande desafio para todos nós” (Silva, 2002).*

A percepção da nanociência é muitas vezes associada à imagem de que se trata de uma atividade humana desenvolvida em laboratórios demasiadamente sofisticados e caros. Associações desse tipo podem criar barreiras à predisposição de estudantes em se deixar instigar pelo tema, que pode ser considerado interessante em si, mas cuja compreensão mais aprofundada é socialmente relevante e constitui uma nova oportunidade para fortalecer o debate público de novas tecnologias (Schulz, 2007). Expandindo a sistematização das propriedades gerais da matéria, a Química dá ênfase às tecnologias com transformações geradoras de novas propriedades e novos materiais. Ela está presente e deve ser reconhecida nos alimentos e medicamentos, nas fibras têxteis e nos corantes, nos materiais de construção e nos papéis, nos combustíveis e nos lubrificantes, nas embalagens e nos recipientes (PCNEM, 2000). Será difi-

cil encontrar um setor econômico que, no futuro próximo, permaneça alheio aos avanços da nanotecnologia (Martins, 2007).

Além disso a inserção de conteúdos tecnológicos atuais como a nanotecnologia no ensino da Química estimula o desenvolvimento de habilidades como:

- Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social (PCN+, 2000).
- Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea (PCN+, 2000).
- Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social: ao reconhecer o papel do conhecimento químico no desenvolvimento tecnológico atual, em diferentes áreas do setor produtivo, industrial e agrícola; por exemplo, na fabricação de alimentos, corantes, medicamentos e novos materiais (PCN+, 2000).
- Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania: ao compreender e avaliar a ciência e tecnologia química sob o ponto de vista ético para exercer a cidadania com responsabilidade, integridade e respeito (PCN+, 2000).

*“Como o cidadão percebe cada vez menos o que é a nanotecnologia, o medo dele diante dessa incapacidade cresce. Existe uma neurose muito grande que se forma a partir dessa ignorância. É nesse caminho que educação científica precisa evoluir bastante. E isso falta também na universidade. Os alunos saem sem uma idéia clara do que é nanotecnologia. Ao não aprender, o desinteresse pelo tema aumenta” (Toma, 2004).*

Melhorar o aprendizado trazendo conteúdos tecnológicos atuais multidisciplinares, estimulando o aprendizado na Química como nas demais ciências, atentando para uma nova perspectiva de propriedades da escala nanométrica de materiais e elementos químicos já conhecidos, porém que geram implicações magníficas nas propriedades macroscópicas desses mesmos materiais, o que instiga a curiosidade científica, é fundamental para a formação do estudante, da sua vida social e profissional servindo como instrumento de cidadania.

## 2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo fornecer opções para introdução de conceitos de nanociência e nanotecnologia para alunos do ensino médio, com o intuito de despertar a curiosidade para o mundo das ciências. Com uma maior compreensão e familiaridade sobre esses assuntos, abordados com base nos conteúdos da Química e das ciências os alunos terão novos elementos para entender e discutir a importância da ciência e da tecnologia para a sociedade, além de estimular o aprendizado da Química.

O aluno irá aprimorar seus conhecimentos sobre essa nova área da ciência e da tecnologia, desenvolvendo sua capacidade de debater e pensar criticamente sobre temas científico-tecnológicos da atualidade.

Trabalhando esse tema em sala de aula, em feira de ciências bem como em outras atividades extraclasse, propondo experimentos relacionados ao cotidiano, promovendo dinâmicas de grupo, como a montagem de um mural e expondo o cenário tecnológico atual pode-se estimular o interesse do aluno pelo assunto Tecnologia. Com isso sua formação estará mais voltada à cidadania e vinculada à ética, à educação, ao trabalho e às práticas sociais.

### 3. Introdução a nanociência e nanotecnologia

#### 3.1. O Que é Nanociência e Nanotecnologia

O prefixo *nano*, que descreve uma ordem de grandeza, vem do grego e quer dizer essencialmente um bilionésimo de alguma coisa. Em se tratando de tamanho o interesse está no comprimento, portanto neste caso, o *nano* representa um bilionésimo de metro, o nanômetro. Um bilionésimo de metro é extremamente pequeno. Considerando uma praia começando em Salvador, na Bahia, e indo até Natal, no Rio Grande do Norte e comparando-a com um grão de areia nesta praia: as dimensões desse grão de areia estão para o comprimento desta praia, como o nanômetro está para o metro (Silva, 2005).

Logo a nanociência e a nanotecnologia são ciência e tecnologia que se desenvolvem ou são feitas nessa escala de tamanho, ou que têm, ao menos, uma de suas dimensões físicas da ordem de nanômetros, mas de maneira controlável e reproduzível, envolvendo fenômenos que muitas vezes não ocorrem em outras escalas de tamanho. Isto significa que não se trata simplesmente de miniaturização de algo grande para algo muito pequeno, de escala atômica.

Especificamente a nanociência é o estudo dos fenômenos e da manipulação dos materiais na escala atômica, molecular e supramolecular, onde propriedades são diferentes de quando estão em escala normal. Nanotecnologia são as técnicas voltadas para aplicação, caracterização, produção de estruturas, equipamentos e sistemas através do controle da forma e do tamanho em escala nanométrica.



Figura 1. A empresa Thinktank imprimiu seu logotipo num fio de cabelo. Fonte: Kar et. al, 2006.

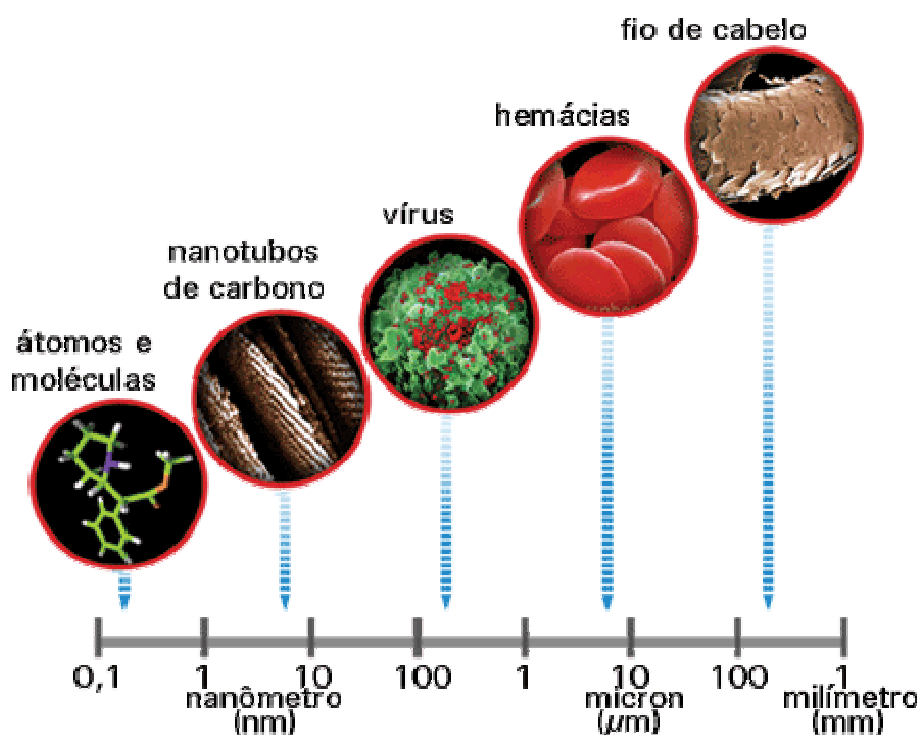


Figura 2. Dimensões representativas de algumas espécies típicas, em suas várias escalas. Fonte: Toma, 2003.

### 3.1.1 Proposta de Atividade

#### Estimar a espessura de uma folha de papel A4

A primeira tarefa será encontrar estratégias para medir dimensões bem menores que 1 mm, a menor divisão de uma régua comum.

Para medir a espessura de uma única folha de papel precisaríamos de um instrumento bem mais preciso que uma régua (um micrômetro), porém se pode medir a altura de um pacote de 500 folhas com uma régua. São aproximadamente 5 cm, o que corresponde a 0,1 mm (100 μm) para a espessura por folha.

Uma estratégia semelhante pode ser usada para estimar a largura de uma trilha de gravação em um disco de vinil. Para isso, basta escolher uma faixa e verificar o tempo de duração da mesma. Deve-se medir a espessura de uma faixa em centímetros com uma régua. Conhecendo a duração da música em minutos e sabendo que a rotação do disco é de 33,3 rotações por minuto, que pode ser traduzido em 33,3 trilhas por minuto, multiplica-se ambas e se encontra quantas trilhas foram percorridas pela agulha. Finalmente estimamos a largura de cada trilha dividindo o tamanho da faixa pelo número de trilhas (entre 50 μm e 100 μm).

**Atividades retiradas de Schulz, 2007.**

### 3.2. História da Nanociência e Nanotecnologia

Há mais de 2.500 anos, alguns filósofos gregos se perguntavam se a última fração da matéria, segundo eles o tijolo fundamental de tudo o que existe, o átomo, não poderia mais ser dividida em outras partes mais simples. Pode-se fazer uma comparação, para fins didáticos. Em uma confeitaria, você encontra uma grande variedade de bolos e tortas, todos feitos a partir de um restrito número de ingredientes: farinha, fermento, manteiga, óleo, açúcar, ovos, etc. Muitas vezes, os ingredientes de bolos diferentes são os mesmos, apenas mudam suas quantidades de matéria-prima e a forma de preparação. Igualmente, quando observamos o mundo a nossa volta, vemos uma variedade incrível de seres vivos e objetos inanimados, de um grão de areia a uma estrela, de uma célula a uma baleia. Quantos tipos de ingredientes diferentes são necessários para produzir essa variedade (Silva, 2005).

*“A certeza científica de que tudo é feito de átomos é muito recente. Há apenas cerca de cem anos, os cientistas obtiveram evidências fortes de que a velha hipótese atômica, formulada há dois e meio milênios, corresponde à realidade da natureza. No decorrer do século XIX, os químicos foram, aos poucos se convencendo de que a melhor maneira de explicar quantitativamente reações químicas é supondo que essas se dão entre unidades bem definidas de cada composto” (Silva, 2005).*

Desde de a Idade Média se tem registros das nanopartículas de ouro para coloração vermelho-rubi em vitrais. Em 1964 Faraday (1791-1867) descobriu que a púrpura de Cassius e o ouro coloidal azul só diferem no tamanho das partículas. Os sóis de ouro obtidos por Michael Faraday permanecem estáveis até hoje e estão expostos na Royal Society of Chemistry em Londres .

Gregos e romanos utilizavam o negro-de-fumo como pigmento nas pinturas. Estas partículas nanométricas de carbono são as mesmas que conferem resistência aos pneus.

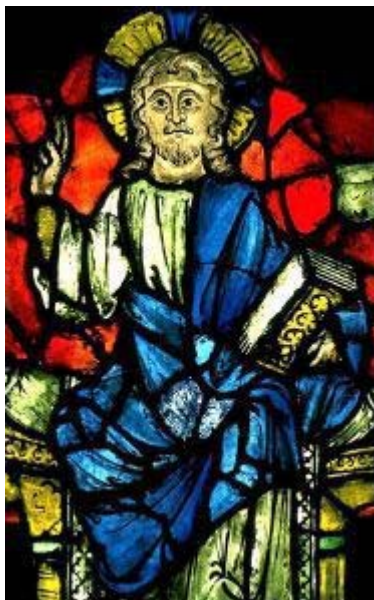


Figura 3. Vitrais vermelho-rubi da Idade Média: nanopartícula de ouro. Fonte: < <http://www.abit.org.br> >.

Um dos pioneiros na nanotecnologia foi Richard Feynman um dos maiores físicos do século XX. Desde jovem Feynman, era reconhecido como brilhante. Uma de suas invenções foi o primeiro uso de processadores paralelos do mundo. Na época do desenvolvimento da primeira bomba nuclear, havia a necessidade de se realizarem rapidamente cálculos muito complexos. Então Feynman teve a idéia de dividir os cálculos em operações mais simples, que podiam ser realizadas simultaneamente, e encheu uma sala em Los Alamos, EUA, com jovens secretárias, cada uma operando uma máquina de calcular mecânica limitada às mais simples operações aritméticas, já que não havia computadores na época.

Hoje em dia, essa mesma idéia é usada em computadores de alto desempenho, com microprocessadores. Em 1959, em uma palestra intitulada "Há muito espaço lá embaixo" no Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), Feynman sugeriu que, em um futuro não muito distante, os engenheiros poderiam pegar átomos e colocá-los onde bem entendessem, desde que, é claro, não fossem violadas as leis da natureza. Com isso, materiais com propriedades inteiramente novas, poderiam ser criados. Esta palestra é, hoje, tomada como o ponto inicial da nanotecnologia (Silva, 2004).

Instrumentos específicos também tiveram de ser desenvolvidos antes que fosse possível "ver" um átomo. Um dos mais famosos desses instrumentos, o microscópio de tunelamento, somente foi inventado na década de 1980. Seus inventores, Heinrich Rohrer e Gerd Binnig, dos laboratórios da IBM em Zürich, Suíça, ganharam o prêmio Nobel por seus trabalhos.

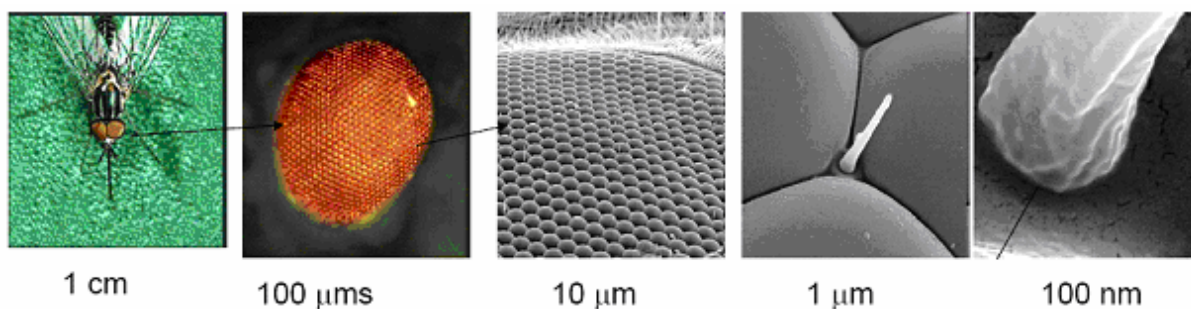


Figura 4. Ampliação de imagem de um mosquito por Microscopia Eletrônica de Varredura. Fonte: Kar et al, 2006.



Figura 5. Microscópio de tunelamento. Fonte: Kar et al, 2006.

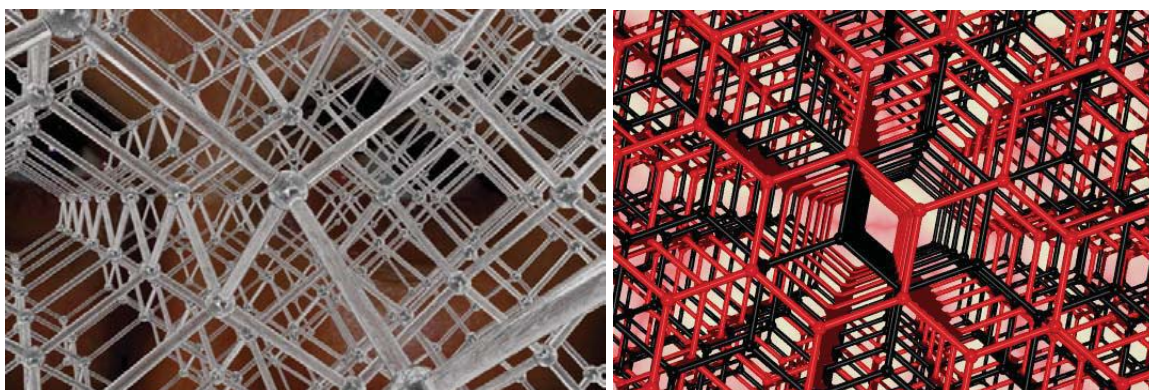
Outro fato importante aconteceu durante uma pesquisa astronômica em 1985, estudando estrelas vermelhas, verificou-se a existência de uma estrutura de átomos de carbono semelhante a uma bola de futebol da ordem de nanômetros que foi chamada de *fulereno*, em homenagem a um arquiteto, Richard Buckminster Fuller, cujas obras em estilo geométrico tinham semelhança com essas estruturas esféricas também chamadas *buckyballs*.

### 3.3. Termos e conceitos

Nesse campo, o trabalho consiste em desenvolver técnicas que permitam o homem manipular átomos e moléculas, as partículas básicas do universo, como se fossem bloquinhos de um brinquedo de montar. O que se pretende nos laboratórios é rearranjar de maneira artificial essas partículas para forjar novas estruturas e materiais, mais eficientes do que os fornecidos pela natureza. Para se ter uma idéia de quão decisiva é a disposição de moléculas na configuração da matéria, basta observar os diamantes e o grafite. Ambos são formados por átomos de carbono. O que os torna diferentes é justamente a maneira como se organizam. Porém



o grafite não é, obviamente, a forma alotrópica do carbono que aparece como material promissor, mas o nanotubo de carbono sim. Além de se intrometer na disposição natural das coisas, outra ambição de técnicos e cientistas é aprimorar os frutos do engenho humano. Testes recentes, por exemplo, mostram que a adição de quantidades absolutamente irrisórias de argila aumenta em até 1.000 vezes a resistência de plásticos (Heitor Shimizu, 2006).



Figuras 6 e 7. Disposição dos átomos de carbono no diamante e no grafite. Fonte: Antonio Siber.

O problema é como trabalhar nessas dimensões tão pequenas. Uma maneira já conhecida da informática, é a chamada abordagem *top-down*, o caminho de “cima para baixo”. Um exemplo é a fabricação de um microchip, que consiste em “esculpir” circuitos cada vez menores nos chips de silício por ataque químico.



Figura 8. Exemplo macroscópico de processo *Top-down*. Fonte: Kar et. Al, 2006.

Imaginando que podemos dividir um pedaço de ouro em partes menores até chegarmos aos átomos de ouro isolados. Uma análise química ou física desses átomos mostrará que eles são ouro. A resposta está nas propriedades macroscópicas que associamos ao ouro, como a cor, brilho, inércia química. Porém, a coloração amarela metálica passa a ser vermelho rubi e a razão disso está em um efeito de tamanho sobre as propriedades ópticas desses pequenos pedaços de ouro com diâmetros menores de 40 nm dispersos em água (púrpura de

Cassius). Esse é o princípio do processo *top-down* que é uma das estratégias importantes exploradas em nano tecnologia.

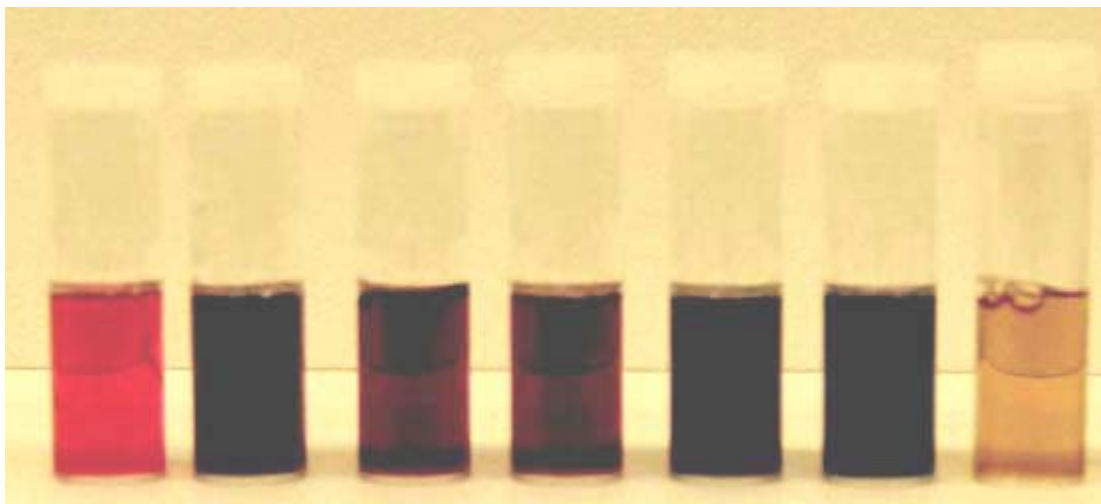


Figura 9. Suspensões de nanopartículas de Au com diferentes razões raio/comprimento. Fonte: Rocco, 2007.

Outro método para se fabricar nanopartículas é conhecido como *Bottom-up*. Este método consiste no auto-arranjo dos átomos até formarem estruturas nanométricas de forma controlada. A natureza fornece pelo menos dois exemplos muito úteis: os átomos organizam-se em cristais (arranjos periódicos) naturalmente, desde que algumas condições sejam satisfeitas (não é necessário enfileirá-los um a um via agente externo), como no caso do átomo de carbono. O outro exemplo de auto-organização e auto-montagem é o DNA, cujas características estão sendo exploradas como opção para uma eletrônica molecular.

Um bom exemplo é o controle sobre o crescimento dos nanofios de nitrito de gálio. Se este cristalizar em substrato de óxido de magnésio apresentará forma hexagonal, se o substrato for óxido de alumínio lítio apresentará forma triangular.

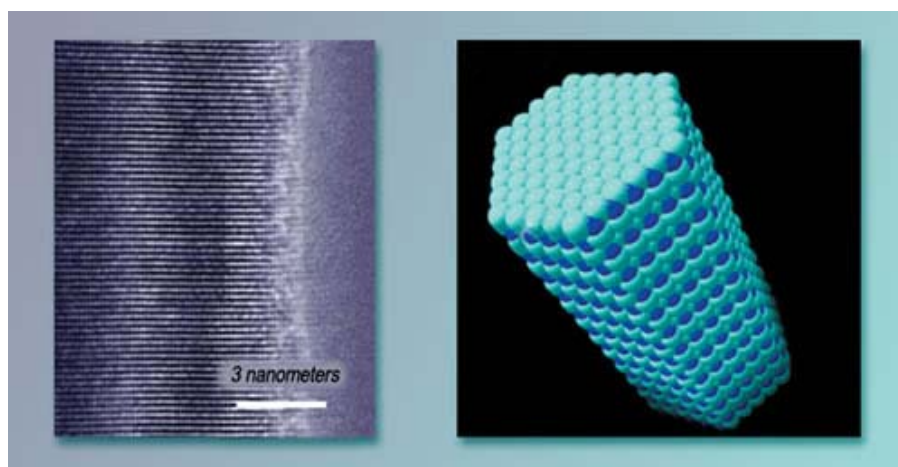


Figura 10. Controle sobre o crescimento dos nanofios: Nanofio de nitrito de gálio em substrato de óxido de magnésio apresenta forma hexagonal. Fonte: <<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/nanotecnologia-site.pdf>>.

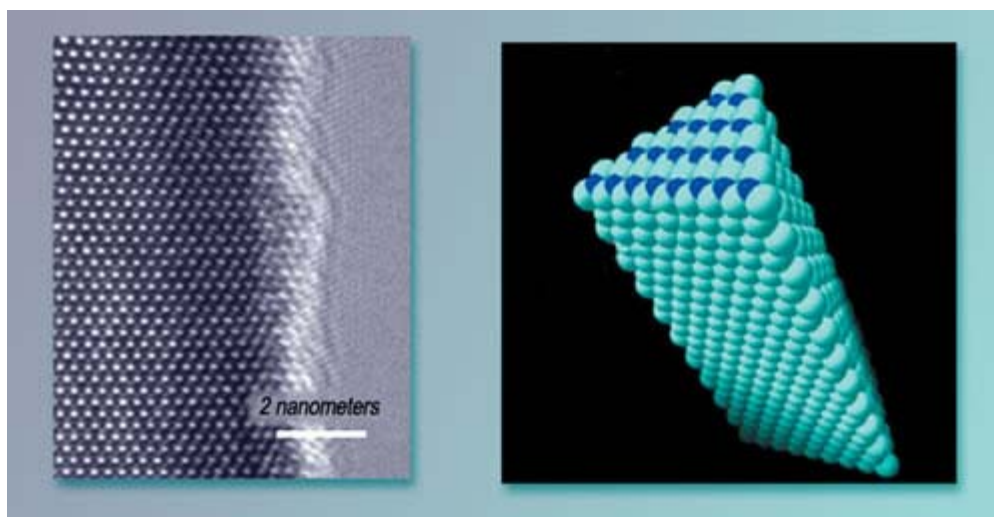


Figura 11. Nanofio de nitrito de gálio em substrato de óxido de alumínio lítio apresenta forma triangular. Fonte: <<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/nanotecnologia-site.pdf>>.

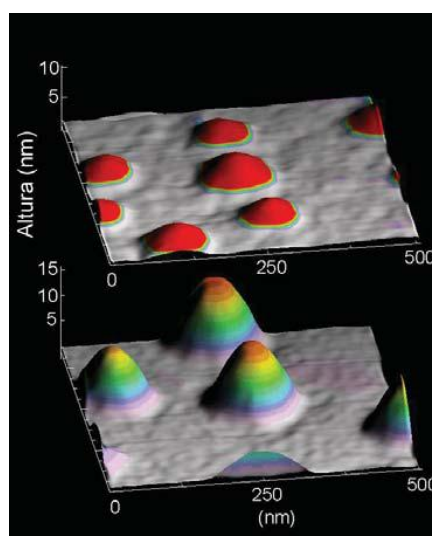


Figura 12. Ilhas de Germânio sobre Silício. Imagem: G. Medeiros Ribeiro \ LNLS.

Portanto as nanopartículas, ainda que sendo de um mesmo elemento químico, se comportam de forma distinta das partículas maiores, tanto em termos de cores e propriedades termodinâmicas, quando em termos de condutividade elétrica e outras características. Com isso novos paradigmas passam a ser explorados, como os efeitos quânticos, propriedades óticas (resposta a estímulos luminosos), forças atômica e de Van der Waals, maior superfície de contato, maior reatividade química. E outros paradigmas perdem importância como efeitos gravitacionais. A prata, por exemplo, inerte em escala macro torna-se instável e explosiva em escala atômica. O tamanho da partícula, nesse sentido, é muito importante, pois pode transformar a característica das interações das forças entre as moléculas, alterando assim a relação de processos ou produtos manipulados nesta escala com o meio ambiente e a saúde humana (Martins, 2007).

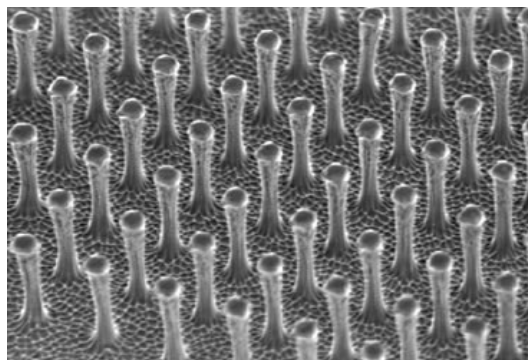


Figura 13. Adesivo usando forças de van der Waals e com observação nanoscopia. Nanoestrutura adesiva capaz de sustentar o peso de uma pessoa. Fonte: <<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/nanotecnologia-site.pdf>>.

*“... é importante aprender essa nova linguagem. Como bem colocado por Jean-Marie Lehn (Prêmio Nobel, 1987), na Química Supramolecular, um átomo equivale a uma letra, uma molécula constitui uma palavra e um conjunto de moléculas organizadas compõe uma sentença. Portanto, é preciso trabalhar a Química com essa nova linguagem, que paradoxalmente a natureza já conhece e pratica há muito. Ao fazermos isso, estaremos perseguindo os limites da evolução dos materiais moleculares, conforme preconizado por Lehn, tomando como referência a própria natureza. Nesse nível, os processos tecnológicos serão naturalmente mais eficientes, além de ambientalmente corretos. Não vale a pena?” (Toma, 2005).*

### 3.3.1. Proposta de Atividade

#### Cálculo da espessura de um traço de grafite

Uma experiência interessante é calcular a espessura de um traço de grafite de uma lapiseira por meio da medida de sua resistência elétrica. O grafite é uma superposição de lâminas de apenas um átomo de espessura. Em cada lâmina, os átomos formam anéis hexagonais tomando o aspecto de uma colméia. Cada átomo de carbono está ligado a outros três. Os carbonos do diamante, entretanto, estão ligados a quatro átomos, formando, assim outra estrutura parecida com uma pirâmide. Ao conferir esses cálculos foi encontrado o valor de 17,34 nm para a espessura do traço de grafite! Bem próximo do valor obtido pelo autor de um dos textos de referência (Schulz, 2007) para esse experimento. Como a separação dos planos de átomos de carbono no grafite é de 0,34 nm, palavras escritas têm a espessura de apenas 51 camadas atômicas! Isso é nanociência a um custo muito baixo.



Traços a lapiseira podem ser interessantes além de ser um exemplo de uma espesura na escala da nanociência.

### Material necessário:

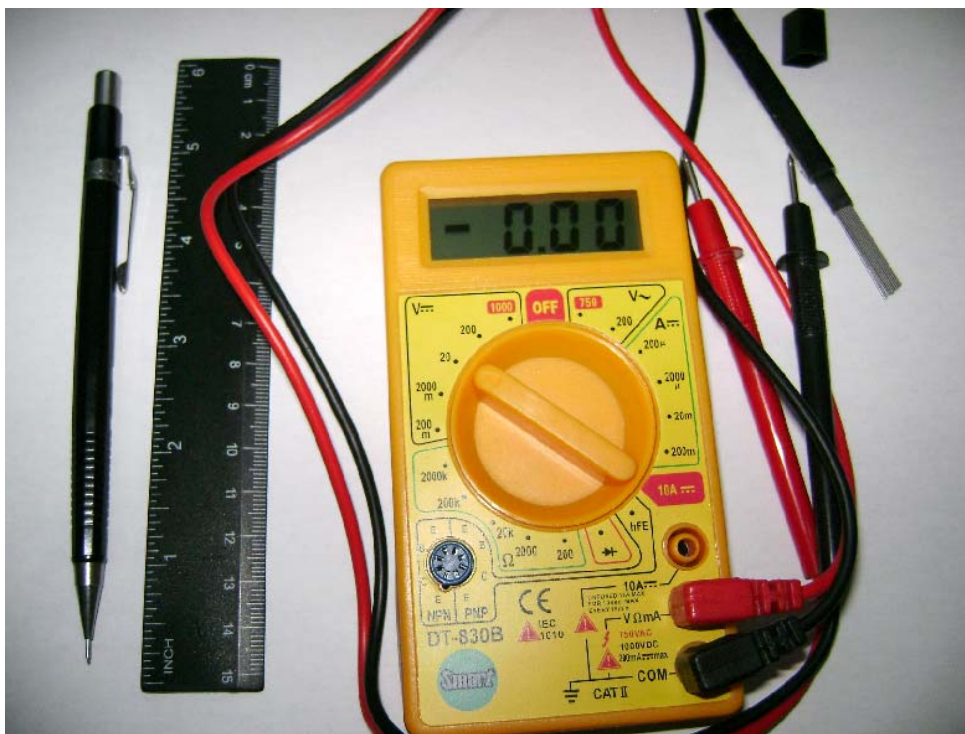


Figura 14. Material utilizado para reproduzir a atividade.

- Uma lapiseira 0,5mm (diâmetro);
- Minas de grafite 0,5 mm x 6 cm (diâmetro x largura);
- Multímetro;
- Folha de papel;
- Régua pequena.

### Procedimento:

Fazer uma medida da resistência de uma ou mais minas de grafite (pode-se fazer uma média).

Calcular a resistividade elétrica ( $\rho$ ) da mina de grafite através da fórmula

$$R = \rho \cdot L/A \quad (1)$$

Onde  $R$  é a resistência medida,  $L$  o comprimento da mina (6 cm),  $A$  é a área da secção transversal ( $\pi \cdot r^2$ ), onde  $r = 0,25$  mm, já que o diâmetro da mina é 0,5mm.

Fazer um traço forte (repassando o traço três a quatro vezes) em uma folha de papel com 6 cm de comprimento como a mina de grafite.

Realizar a medida de resistência no traço.

Através da resistividade elétrica ( $\rho$ ) do grafite calculada, juntamente com valor da resistência do traço, obtem-se a altura (**h**) do traço. Lembrando que o traço remete ao formato de um paralelepípedo com largura de aproximadamente 0,5 mm, o mesmo diâmetro da mina.

Repetir o experimento alterando a intensidade do traço, assim como os tipos de minas de grafite (0,7 mm, 0,9 mm e 1,0 mm). Comparar também o valor da resistividade experimental e o teórico (transversal e longitudinal às camadas de grafite ). Discutir os resultados com os alunos.

### Representação do Traço de grafite

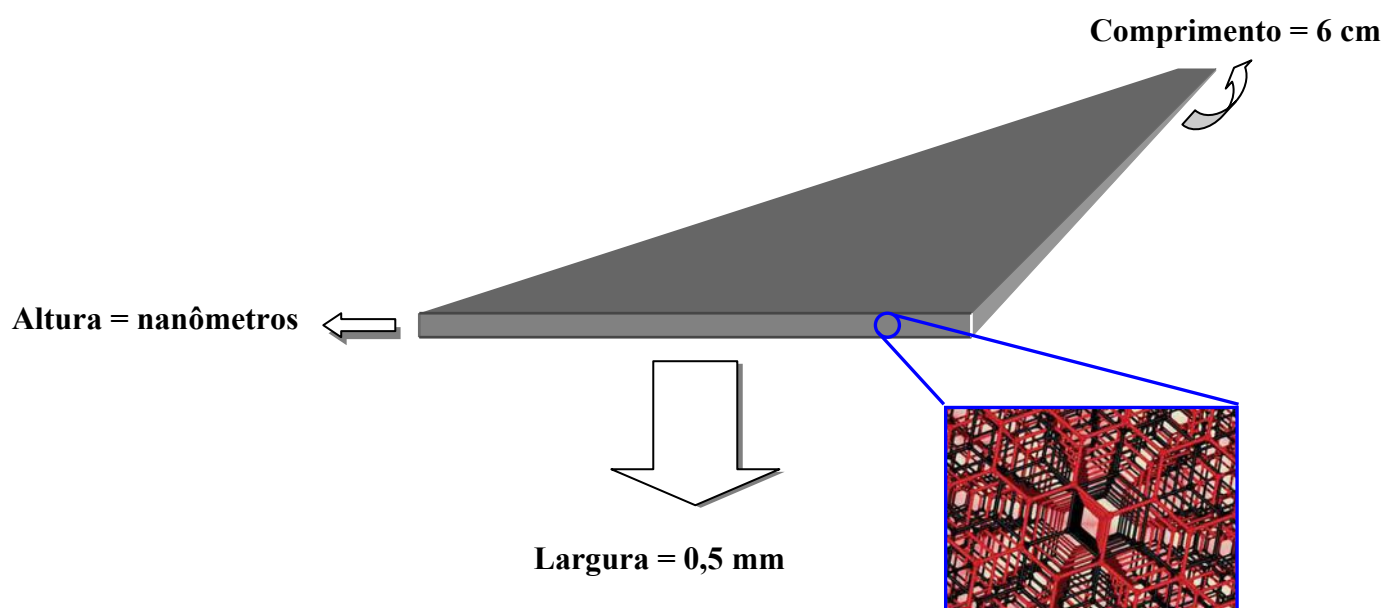


Figura 15. Montagem que representa as dimensões do traço de grafite.

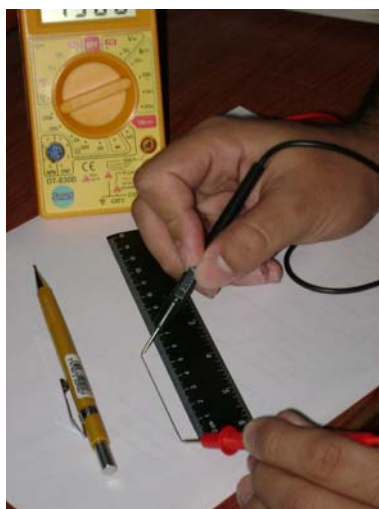


Figura 16. Medida da resistência do traço de grafite.

Adaptado de Newcombe, 2006 / Schulz, 2007.

**Gota de óleo sobre água: dimensões moleculares**

Um outro bom complemento seria provocar um auto-arranjo na escala nano e essa experiência pode ser feita na escola ou até mesmo como dever de casa para os alunos.

**Material utilizado:**

- Uma bacia;
- Água;
- Um pouquinho de óleo de cozinha;
- Um conta-gotas;
- Um pouco de talco;
- Uma régua.

**Procedimento:**

Coloca-se água em uma bacia aguardando o fim da agitação e a formação de um espelho de água. Polvilha-se então, com cuidado, a superfície com talco e esperando que eventuais turbulências na água terminem por completo. Em seguida, com o conta-gotas, pinga-se uma gota de óleo sobre a água bem perto da superfície, bem no meio da bacia.

O óleo se espalha rapidamente sobre a superfície da água e isso pode ser visualizado pelo deslocamento do talco. Se pingarmos uma gota de óleo sobre um vidro ou uma placa de madeira não observamos esse espalhamento. O que acontece é que as moléculas de água e de óleo têm uma alta tensão interfacial, o que permite a gota se espalhar por cima da água já que o óleo tem menor densidade. O resultado é que essas moléculas se espalham totalmente sobre a água, formando um filme fino, que só enxergamos indiretamente pelo movimento das partículas de talco. Essa espessura do filme fino de óleo sobre a água é verificado por uma comparação do volume que sai do conta-gotas (estimando do volume da gota considerando-a com 1mm de diâmetro) comparado-a com o volume calculado pela multiplicação da área da mancha de talco deslocado pela espessura dessa mancha (Schulz, 2007).

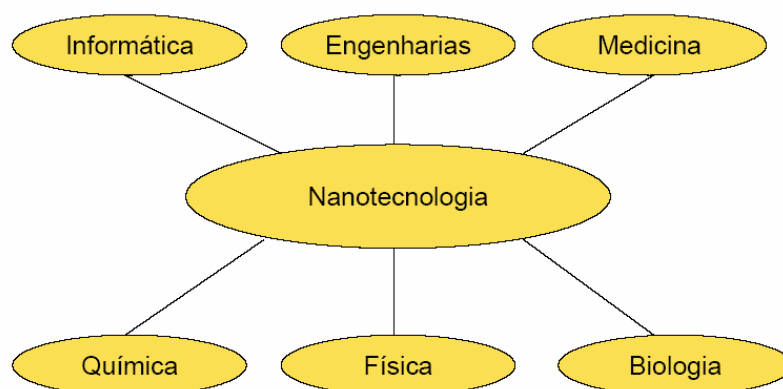


*Figura 17. Partículas de talco deslocadas pela gota de óleo que se espalhou sobre a superfície da água. O diâmetro da área sem talco é de aproximadamente 20 cm. O diâmetro da gota de óleo era de 1 mm. Isso resulta em uma espessura da camada de 10 nm. Nada mal para uma tentativa improvisada rápida. Fonte: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num1/v08n01a02.pdf>>.*

**Retirado de Schulz, 2007.**

### 3.4. Multidisciplinaridade

Como já foi dito a nanociência busca entender efeitos e influências nas propriedades dos materiais, e a nanotecnologia explora efeitos para criar estruturas, equipamentos e sistemas com novas propriedades e funcionalidades. Apesar dessa classificação, as áreas são muito próximas e se auto-interagem permanentemente. E são consideradas como uma “supra-disciplina” ou multidisciplinaridade que inclui a química, a física, a biologia, a ciência de materiais e as simulações e modelagens computacionais (NanoAventura, 2005).





As possíveis aplicações da nanociência e da nanotecnologia são imensas: Tecnologias de informação e telecomunicações, Nova eletrônica, Novos dispositivos, nanobiotecnologia, medicina, produção e armazenagem de energia, novos dos materiais (materiais mais resistentes e leves), alimentos, tratamento de água e meio ambiente, instrumentos, desenvolvimento de remédios, células-combustível de hidrogênio, exploração espacial, produtos mais eficientes entre outras.

## 4. Fazendo nanotecnologia

### 4.1. Nanomateriais

Nanomateriais são materiais estruturados com ao menos uma dimensão menor que 100nm como, por exemplo, nanopartículas, filmes finos, nanofios e nanotubos, pontos quânticos. Suas principais propriedades são possibilidade de efeitos quânticos, área de superfície relativamente muito maior; maior proporção dos átomos estão na superfície:

- 30 nm: possui 5% dos átomos na superfície;
- 10 nm: possui 20% dos átomos na superfície;
- 3 nm: possui 50% dos átomos na superfície.

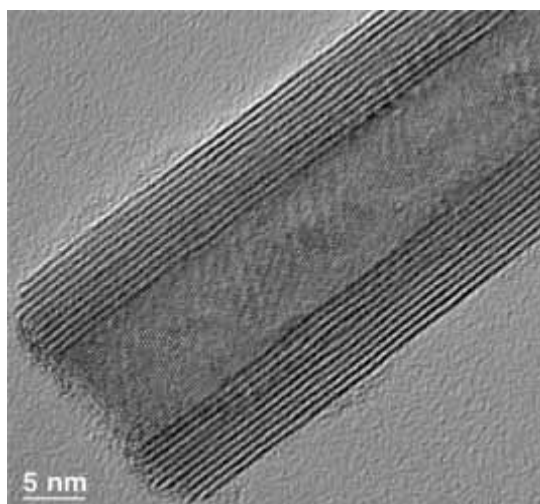


Figura 18. Nanotubo de  $WS_2$  (Tungstênio e enxofre) - aplicações: lubrificantes sólidos. Fonte: <<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/nanotecnologia-site.pdf>>.

## Fulereno

Carbono 60 ou fulereno ou buckyball é molécula esférica com 1nm de diâmetro com 60 átomos arranjados em 20 hexágonos e 12 pentágonos, como uma bola de futebol.

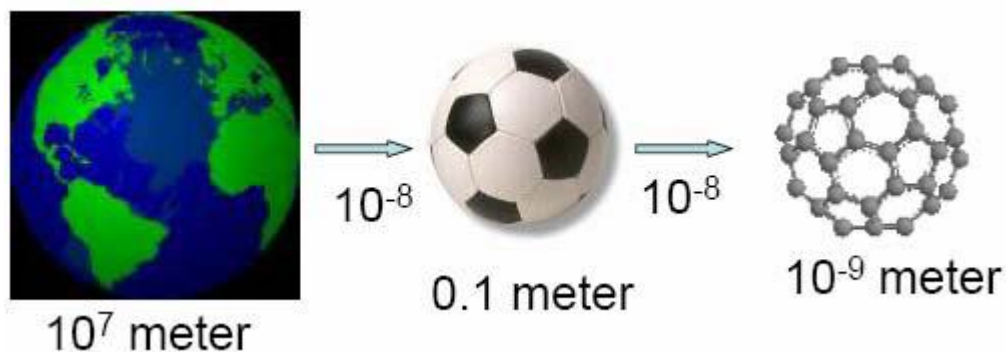


Figura 19. Comparação entre a Terra uma bola de futebol e o Fulereno. Fonte: (Kar et. Al, 2006).

## Diferentes Transformações Químicas do Fulereno $C_{60}$ (1)

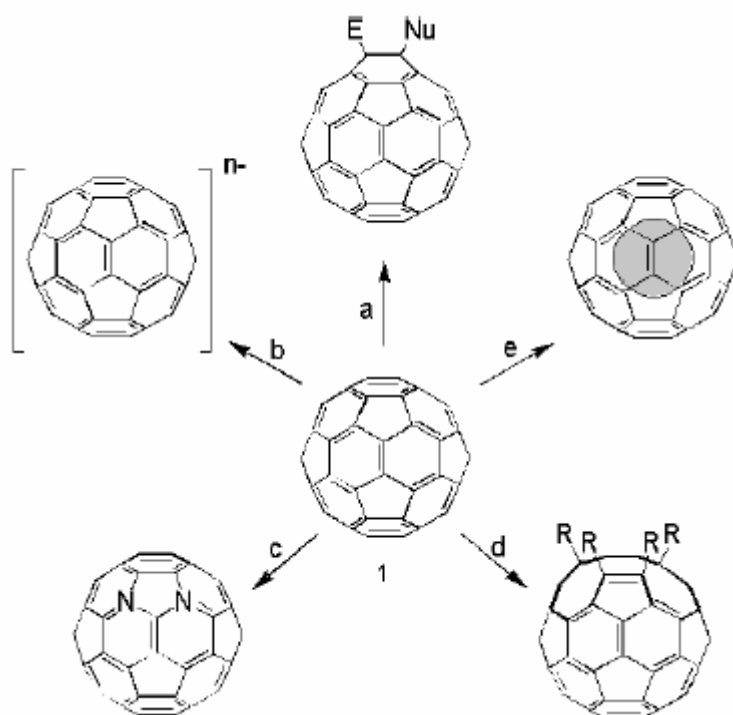


Figura 20. Fonte: Kar et. Al, 2006.

- a) Reação de adição: Formação de compostos hexahédricos pela adição de nucleófilos ou radicais, cicloadição ou complexação com metais de transição e outros.

- b) Reações de transferência de elétrons: Redução do fulereno pode ser facilmente alcançada com bases redutoras, metais alcalinos terrosos ou moléculas orgânicas doadoras de elétrons.
- c) Heterofulerenos: A substituição de um átomo de carbono na estrutura da fulereno por um heteroátomo como, por exemplo, nitrogênio ou boro.
- d) Reações de aberturas de anéis: Produzindo um buraco na estrutura do fulereno pela quebra de um discreto número de ligações.
- e) Formação de um Endohedro: Introdução e confinamento de átomos dentro da estrutura esférica do fulereno. (Kar et. Al, 2006).

#### 4.1.1. Proposta de Atividade

##### Construção de uma molécula de fulereno

Uma proposta seria construir um modelo da molécula de  $C_{60}$ . Embora seja um poliedro de 20 faces hexagonais e 12 pentagonais, o  $C_{60}$  pode ser visualizado como constituído de 12 pentágonos igualmente distribuídos pela superfície de uma esfera, cada um conectado a seus cinco vizinhos por uma ligação-ponte; essas pontes geram os 20 hexágonos. Se os pentágonos forem realçados, essa simetria molecular pode ser mais bem visualizada; isto pode ser feito deixando os pentágonos como buracos. Um modelo da molécula de  $C_{60}$  pode ser facilmente construído somente a partir de papel marcado hexagonalmente e com buracos apropriadamente distribuídos, como mostrado:

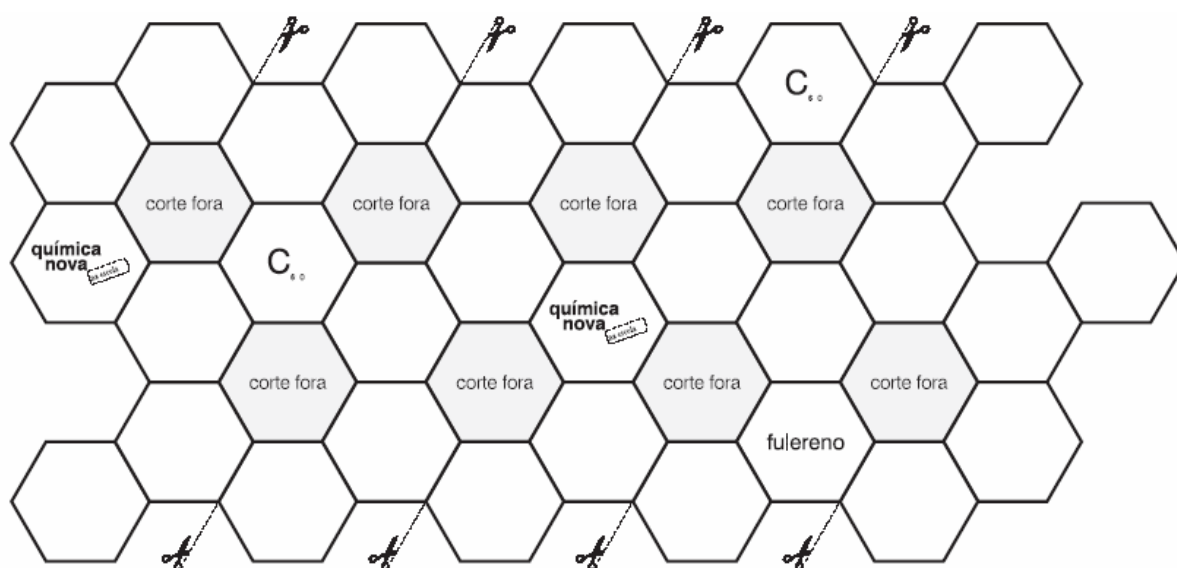


Figura 21. Esquema para montagem do Fulereno. Fonte: Química Nova na Escola, n. 4, nov. 1996.

Primeiramente recorte as linhas e os hexágonos indicados. A seguir, recorte todo o contorno da figura. Usando cola, sobreponha os hexágonos vizinhos separados pelos cortes (cola de bastão facilita seu trabalho); note que os hexágonos recortados tornam-se pentágonos. À medida que os hexágonos forem sendo sobrepostos a estrutura poliedral do  $C_{60}$ , uma bola de futebol, surge naturalmente.

**Fonte:** Química Nova na Escola, [adaptado do J. Chem. Educ., vol. 69, nº 8, p. 610, 1992].

### Nanotubos de carbono

São estrutura nanométricas tubulares formadas de carbono por uma ou múltiplas folhas de grafeno (folha de carbono), primeiramente observados em 1991 por Sumio Iijima.

Suas propriedades dependem do número de camadas concêntricas, maneira que é construído (enrolado), e por último seu diâmetro. Entre suas propriedades mais importantes estão altíssima resistência mecânica por serem um dos materiais mais “duros” conhecidos (similar a diamantes), capacidade de suportar peso; alta flexibilidade, são bons condutores de corrente elétrica; podem atuar com característica metálica, semicondutora ou até supercondutora e apresenta altíssima condutividade térmica na direção do eixo do tubo.

Existem três tipos possíveis, conforme a técnica com que a folha foi enrolada:

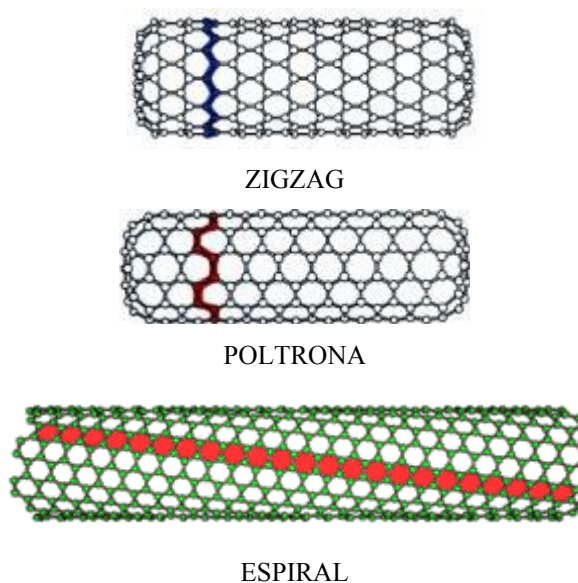


Figura 22. Fonte: < Fonte: <http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/nanotecnologia-site.pdf>>.

## Preparação de nanotubos

Os nanotubos de carbono podem ser preparados por dois métodos principais: o Método da Descarga de Arco, que consiste em descargas elétricas que são produzidas entre 2 eletrodos de grafite, promovendo a vaporização e a posterior condensação que produz os nanotubos; e o Método Chemical Vapour Deposition onde um substrato contendo partículas metálicas (Fe, Ni, Co) é introduzido em um forno sob atmosfera inerte ou redutora, e logo após são introduzidos hidrocarbonetos insaturados (acetileno, benzeno), que se decompõem e vão crescer na forma de nanotubos na partículas dos metais que atuam como núcleos de crescimento.

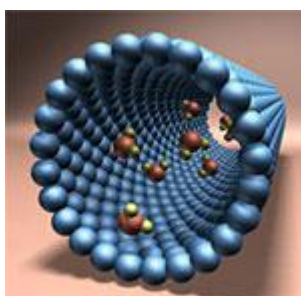


Figura 23. Nanotubo de carbono. Fonte: < [www.clarus.ind.br](http://www.clarus.ind.br) >.

## 4.2. Nanometria

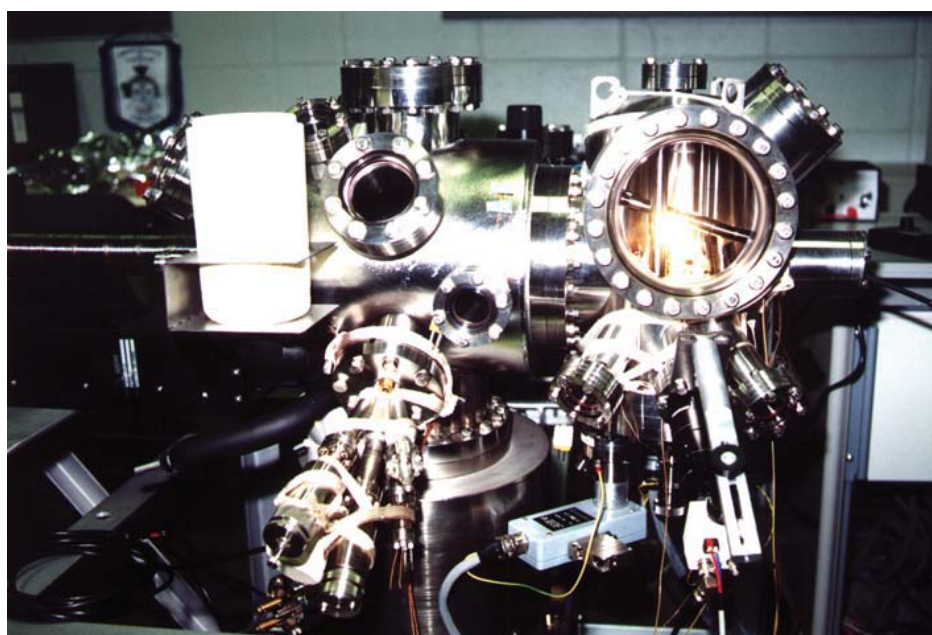
Uma abordagem em nanociência não estaria completo sem uma ligação ao ambiente mais sofisticado de realização das pesquisas de ponta e seus instrumentos.

Os microscópios mais tradicionais são os óticos, que funcionam com a luz visível em conjunto com lentes que permite observar estruturas micrométricas de até 200 nm. Os microscópios que nos permitem estudar o nanomundo são bem diferentes. Os microscópios eletrônicos utilizam feixes de elétrons no lugar da luz dos microscópios óticos e os de varredura de sonda têm uma espécie de agulha que é conduzida muito perto da superfície analisada e permite, entre outras coisas, conhecer o seu relevo. Essa informação é fornecida como uma imagem tridimensional do material em estudo. Essas técnicas têm revolucionado o conhecimento sobre a estrutura dos materiais, pois, antes desses microscópios, nunca havia sido possível ver e manipular os átomos. Portanto esses microscópios podem ser classificados quanto ao seu funcionamento: os que utilizam feixe de elétrons como TEM – Transmission electron microscopy, SEM - Scanning electron microscopy; os que utilizam pontas de prova ou sonda como SPM - Scanning probe microscopy, STM - Scanning tunneling microscopy, AFM – atomic force microscopy; e os que utilizam feixe de laser como os Optical tweezers.

Os microscópios eletrônicos permitem observar objetos de tamanho na faixa de  $10^{-5}$  m a  $10^{-10}$  m, e começaram a ser desenvolvidos na primeira metade do século XX. Os microscópios de varredura de sonda (scanning probe microscope, SPM), que se desenvolveram na segunda metade do século XX, abrangem tamanhos entre  $10^{-8}$  m e  $10^{-10}$  m. A microscopia de varredura é fundamentada na sonda, um objeto que tem dimensões nanoscópicas e por isso pode ter uma resolução nanoscópica também, e são sensíveis a diferentes fenômenos físicos como corrente elétrica, forças atômicas ou propriedades magnéticas. As sondas precisam ser varridas sobre o objeto de estudo de forma controlada com precisão da ordem de nanômetros ou mesmo de frações de nanômetro. Por último, a variação da medida do fenômeno físico precisa ser traduzida em imagens adequadas do objeto estudado e manipulado em escala atômica. Uma analogia útil para a microscopia por varredura de sonda, que envolve os aspectos mencionados, é o toca-discos, talvez melhor conhecido atualmente através do trabalho dos DJ's (Schulz, 2007).

Portanto, foi apenas nas últimas duas décadas que o desenvolvimento desses instrumentos permitiu a visualização quase que direta dos átomos. Vamos falar um pouco mais sobre dois dos mais conhecidos microscópios de varredura de sonda, o de força atômica (AFM, atomic force microscope) e o de tunelamento (STM, scanning tunneling microscope).

#### 4.2.1. Os microscópios de força atômica



*Figura 24. Microscópio de força atômica – AFM. Imagem: Nelson Chinalia/LNLS.*

Os microscópios de força atômica atuam de uma maneira comparável aos sistemas de medição de profundidade dos oceanos e de funcionamento dos satélites. Em ambos os casos, esses instrumentos “mapeiam” a distância das superfícies que estudam para obter uma descrição final do menor detalhe possível. Da mesma forma, a ponta do microscópio varre a superfície atômica e a interpreta seu relevo. Com estes microscópios também é possível mexer na superfície, mudando o arranjo dos átomos ou descartando impurezas de uma amostra (NanoAventura, 2005).

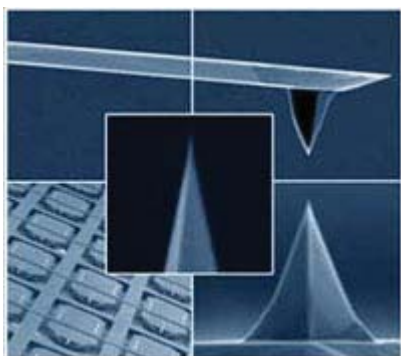


Figura 25. Ponta de microscópio AFM. Fonte: < [www.nanoscience.com/Education](http://www.nanoscience.com/Education) >.

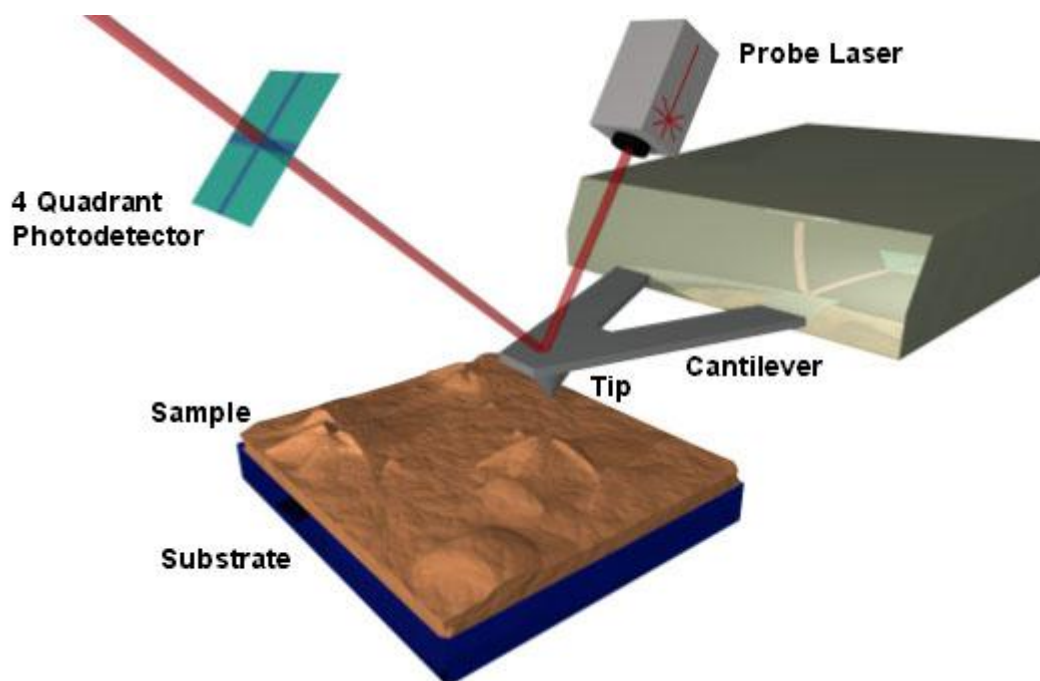


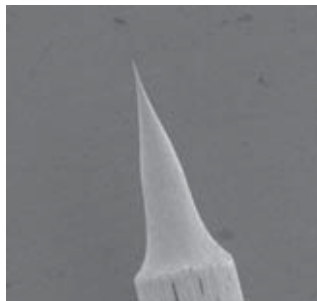
Figura 26. AFM (Microscopia de Força Atômica). Fonte: Rocco, 2007.

#### 4.2.2. Os microscópios de tunelamento

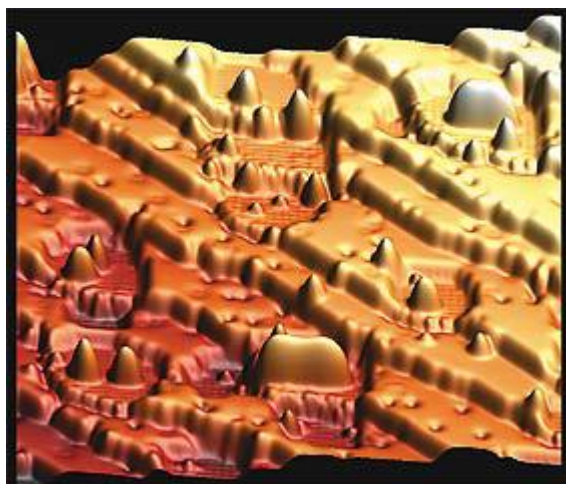
Os microscópios de tunelamento possuem uma ponta de metal, uma agulha muito fina, e medem a quantidade de corrente elétrica que passa entre a agulha e a superfície.



Esta medida é utilizada para reproduzir a superfície. Ela cria uma projeção ampliada do relevo atômico por meio da emissão de um contínuo fluxo de elétrons. A corrente elétrica também é aplicada à manipulação de átomos na superfície dos materiais, colocando-os em uma nova disposição, alterando as características originais dos materiais (NanoAventura, 2005).



*Figura 27. Ponta de microscópio STM. Imagem: Vinicius do Lago PimentelLNLS.*



*Figura 28. Machu Picchu atômico: imagem de partículas de cobre, em área 50 000 vezes menor que um fio de cabelo, obtida com um microscópio da IBM. Fonte:*

*<[http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia\\_2006/p\\_016.html](http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia_2006/p_016.html)>.*

#### **4.2.3. Proposta de Atividade**

##### **Analogia entre um microscópio de força atômica e um toca discos de vinil**

Uma atividade interessante seria discutir as semelhanças e diferenças entre um microscópio de força atômica (AFM) e um toca discos de vinil. No toca discos, a pressão dos sulcos produz um sinal elétrico na agulha, já no AFM, o braço onde a ponta está presa se desloca impulsionado pelas forças de Van der Waals entre os átomos da superfície estudada e os



poucos átomos da extremidade da ponta da sonda. Essas forças são da ordem de piconewtons (1 pico = 1 trilionésimo ou  $10^{-12}$ ).

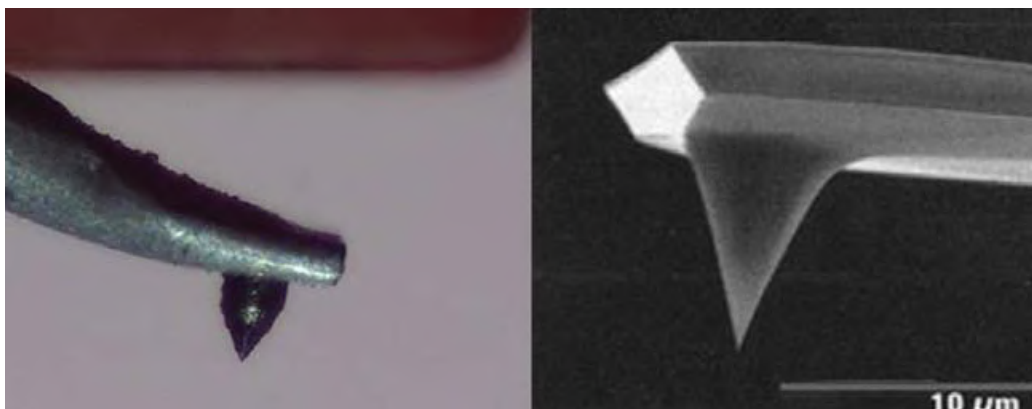


Figura 29. A agulha de um toca-discos (esquerda) e a ponta de um microscópio de força atômica (direita): quais são as semelhanças e quais as diferenças? Fonte: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num1/v08n01a02.pdf>>.



Figura 30. Toca-discos, uma ponteira laser e um pequeno espelho sobre a cápsula: o feixe refletido na parede vibra com o disco tocando, ilustrando opticamente a estrutura dos sulcos de gravação. Fonte: Schulz, 2007.

Os movimentos da ponta de um AFM são detectados pelo deslocamento de um feixe de raio laser que é refletido pelas costas do braço que prende a ponta. Pode-se testar esse princípio com o toca-discos, usando uma ponteira laser apontada para uma espelho colado na parte de trás do braço que prende a agulha, conforme mostra a Fig.30.

**Atividade obtida em Schulz, 2007.**

## 5. Aplicações da nanotecnologia

Nas indústrias, já se altera a estrutura molecular de fibras para a produção de tecidos que dificilmente se molham, pois repelem líquidos. Celulares, câmeras e outros eletrônicos usam visores mais econômicos e com propriedades mais brilhantes graças à nanotecnologia. A Mercedes usa a técnica em diversos componentes, quer em espelhos retrovisores que escurecem ao receber a luz de outro veículo (assim como ocorre nas lentes oculares *Transition* da Varilux), quer em pinturas resistentes a pequenos riscos. A lista de pesquisas inclui ainda gigantes como HP, Xerox, Kodak, General Electric e 3M. Cientistas da IBM buscam um polímero elástico e resistente o bastante para dar vida ao Millipede, um eventual substituto do disco rígido para computadores, com capacidade para guardar mais de 1 terabyte de dados por polegada quadrada, vinte vezes mais do que a capacidade de armazenamento magnético dos maiores sistemas disponíveis atualmente (Heitor Shimizu, 2006).

### 5.1. Científicas

A ciência utiliza nanotecnologia para construir máquinas mais evoluídas e sistemas auto-adaptáveis e inteligentes, medicamentos programados para atingir um alvo (drug-delivery) ou para serem liberados de acordo com as necessidades, sistemas químicos integrados em um chip para fazer diagnóstico clínico ou monitorar a qualidade de vida, dispositivos de iluminação e jornais eletrônicos com a espessura de uma folha de papel, janelas que dispensam limpeza ou que adaptam suas tonalidades ou que transformam a luz do sol em energia elétrica, tecidos com capacidade de reconhecer e neutralizar agentes agressivos ou de suportar condições extremas de temperatura, impacto ou corrosão. Estes são apenas alguns exemplos de assuntos que já estão carreando enormes investimentos para a Nanotecnologia no mundo inteiro (Toma, 2003).

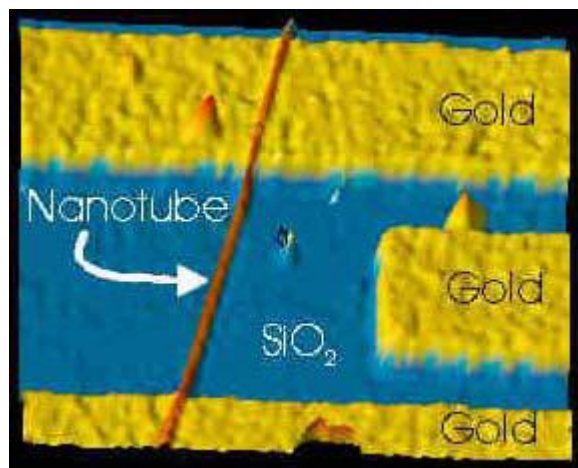


Figura 31. Nanotubo atuando num Transistor. Fonte: <<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/nanotecnologia-site.pdf>>.

## Miragem Quântica

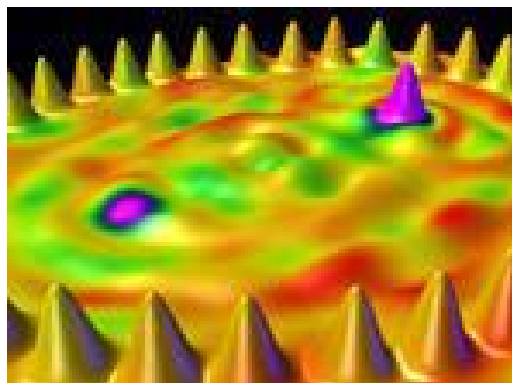


Figura 32. *Miragem Quântica* Fonte: <<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/nanotecnologia-site.pdf>>.

Eigler e outros pesquisadores descobrem a miragem quântica. Ao posicionar um átomo magnético em um foco de uma elipse magneticamente modificada, gera-se uma miragem do mesmo átomo em outro foco, em uma posição simétrica, um possível meio de transmitir informação sem fios.

## Lab-on-a-chip

Cientistas do Hospital Geral de Massachusetts, nos Estados Unidos, construíram um biochip, um microlaboratório construído com as mesmas técnicas com que são fabricados os chips de computador, batizado de *lab-on-a-chip* que consegue detectar as células cancerosas a partir de uma gota de sangue. O *lab-on-a-chip* faz uso da nanofluídica para encontrar essas células raras CTC (Circulating Tumor Cells). Fonte: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>.

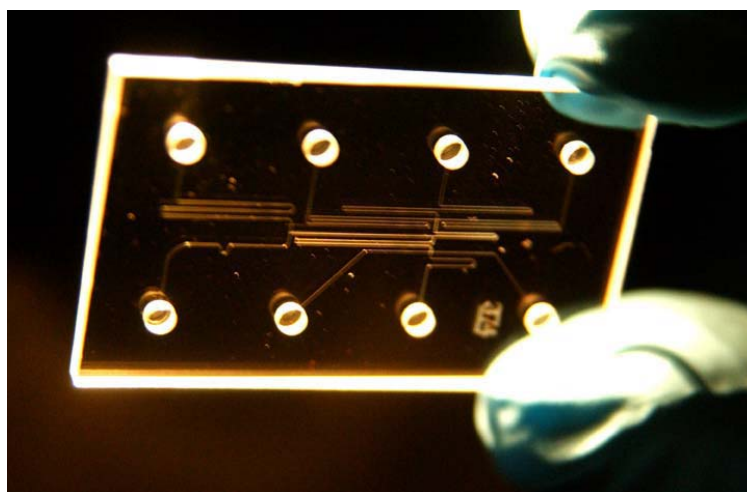
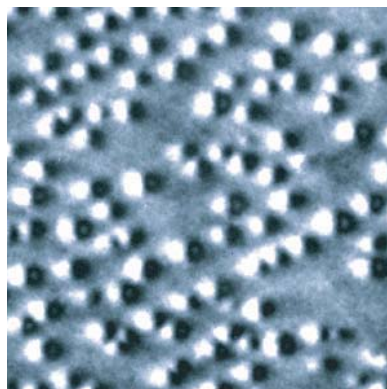


Figura 33. *Lab-on-a-chip technologies: análises feitas em um chip.* Fonte: <<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/nanotecnologia-site.pdf>>.

## Ponto Quântico: o átomo artificial



*Figura 34. Micrografia de quantum dots em forma de pirâmide, de índio, galio e arsênio. Cada ponto mede cerca 20 nanos de largura e 8 de altura. Fonte: <<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/nanotecnologia-site.pdf>>.*

Ponto Quântico é um poço de potencial energético capaz de confinar elétrons. Os elétrons confinados tem níveis de energia discretos, semelhante a átomo. Os pontos quânticos permitem a quantização da energia nas 3 dimensões e também chamado de “átomo artificial”. Suas aplicações estão no ramo dos detectores, diodos laser, e computação quântica.

### 5.2. Comerciais

O creme anti-rugas desenvolvido pela L’Oreal Paris utiliza nanocompósitos para incorporação de vitamina A em nanocápsulas de polímero, favorecendo a absorção e liberação prolongada do creme abaixo da epiderme.



*Figura 35. Tecnologia nanométrica anti-rugas. Fonte: <<http://www.abit.org.br>>.*

Protetores solares com dióxido de titânio, transparente e reflete UV. Esse material tem alto poder de absorção de radiação ultravioleta, atuando como filtro solar. Na forma de nanopartículas, há um aumento da superfície de contato potencializando essa propriedade.

Eles neutralizam os raios ultravioletas e são transparentes à luz visível, sendo mais atrativos aos consumidores.



Figura 36. Filtro solar com nanopartículas de dióxido de titânio. Fonte: < <http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/nanotecnologia-site.pdf>>.

Nanopartículas de argila ocorrem naturalmente e tem sido muito importante em materiais de construção e equipamentos estruturais automobilísticos. Partículas de argila modificadas, contendo plásticos e nanopartículas de argila, denominadas nanocompósitos, estão sendo aplicados na construção de amortecedores de carros mais resistentes.



Figura 37. Mercedes SLR McLaren: a utilização da nanotecnologia na pintura diminui a possibilidade de riscos. Fonte: <[http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia\\_2006/p\\_016.html](http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia_2006/p_016.html)>.

### 5.3. Empresas

Baseando-se na tecnologia Nano-Tex, a empresa norte-americana Emeryville desenvolveu o tecido NanoCare que possui estruturas moleculares aderidas às fibras de algodão que formam uma barreira contra líquidos e tintas, evitando que sejam absorvidos. As partículas são criadas manipulando alguns átomos de carbono até chegar à forma desejada, que tem aproximadamente 10nm de comprimento. Agregado à celulose da fibra, o material se torna hidrofóbico. Como as partículas são muito pequenas, elas não alteram a aparência do material.



Figura 38. Fibra que repele umidade. Fonte: < <http://www.abit.org.b>>.

A empresa *activglass* desenvolveu um material à base de nanopartículas de dióxido de titânio que recobre o vidro e tem a função de auto-limpar a janela. Esse material é ativado pelos raios ultravioleta e quebram as moléculas orgânicas e diminuem a aderência da sujeira inorgânica. Com isso a sujeira é carregada pela chuva.

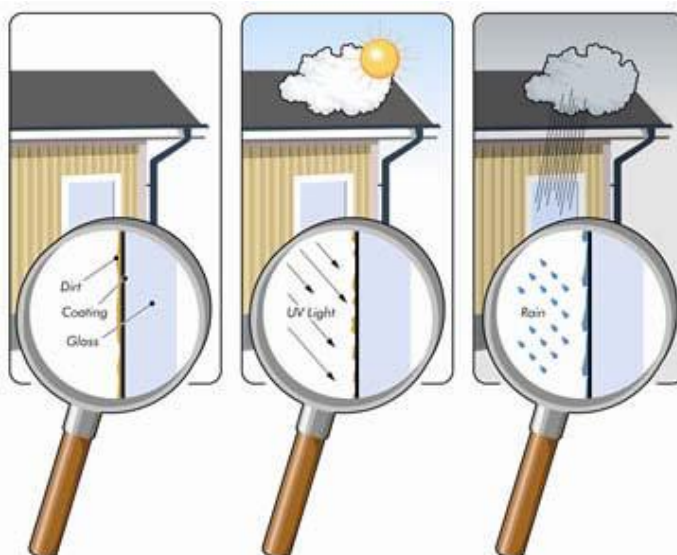


Figura 39. 1. Vidro recebe cobertura que é ativada pela luz UV; 2. Cobertura quebra as moléculas orgânicas e reduz a aderência da sujeira inorgânica; 3. As partículas de sujeira são carregadas pela chuva. Fonte:

<<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/nanotecnologia-site.pdf>>.



O uso de nanopartículas em tintas pode trazer enormes benefícios com por exemplo tintas mais brilhantes, mas leves, com menos solventes, ecologicamente mais seguras e, muito mais resistentes a arranhões.



Figura 40. A pintura sob o microscópio: mais brilho e menos arranhado. Fonte:Mercedes Benz.

Nanocompósitos capazes de bloquear radiações ionizantes e de aumentar a resistência mecânica vêm sendo utilizados em trajes protetores e em missões espaciais, por causa da maior leveza, flexibilidade e conforto.



Figura 41. Roupas feitas com o Demrom, o primeiro tecido à prova de radiação do mundo. Ele oferece a mesma proteção que o chumbo, mas com um peso muito menor. Fonte: Toma, 2003.

Com o grande aumento na demanda de equipamentos portáteis como telefones celulares, GPS, computadores, sensores remotos, etc, cresce a necessidade de desenvolver baterias mais leves e com mais capacidade de energia. Materiais nanocristalinos sintetizados por técnicas sol-gel armazenam bem mais energia do que as baterias convencionais, com tamanho e peso reduzidos.

#### 5.4. Proposta de Atividade

##### Gerando prata coloidal

###### Material utilizado:

- Uma fonte DC adapter com saída 9Voltz/300-500mA;
- Um frasco transparente de vidro ou acrílico com capacidade para aproximadamente 450 mL com tampa plástica;
- Dois bastões (eletrodos) de prata pura, com aproximadamente 10 cm de comprimento e 1,5 mm de diâmetro;
- Uma bomba de ar de aquário com mangueira;
- Um pedaço de madeira;
- Filtro de café;
- Duas pinças jacaré pequenas;
- Meio 300 mL de água destilada.



Figura 42. Material para fazer prata coloidal. Fonte: <http://www.quantumbalancing.com/makeyourownncs.htm>.



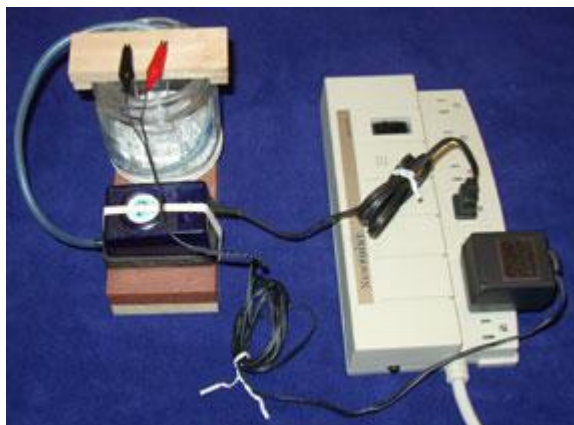
**Procedimento:**

Figura 43. Gerador de prata coloidal. Fonte<:<http://www.quantumbalancing.com/makeyourownncs.htm>>.

Deve-se cortar as extremidades dos dois fios da fonte 9V DC, e depois conectar cada uma dessas extremidades a uma pinça jacaré;

Fazer dois furos na madeira com o diâmetro necessário para passarem as barras de prata, distantes 2,5 cm uma da outra. Atravessar os dois furos da madeira com as barras e prender do outro lado com um jacaré cada.

Fazer quatro furos na tampa do frasco: dois para os eletrodos, similar aos feitos na madeira, e um para a mangueira da bomba de aquário e outra para saída de ar.

Encher o frasco com 300 mL de água e tampá-lo.

Inserir o conjunto eletrodos/madeira e a mangueira da bomba de aquário imersos na água atravessando a tampa de plástico do frasco conforme a figura 44.

Ligar a fonte e a bomba e aguardar a formação das nanopartículas de uma a quatro horas.



Figura 44. Gerador de prata coloidal montado.

Desligar o sistema e filtrar com filtro de café.

Para identificar a formação da prata coloidal basta apontar um laser ou feixe de luz para o frasco e observar o espalhamento da mesma pelas nanopartículas de prata, conhecido como efeito Tyndall. Um colóide, assim como a prata coloidal, fará o feixe de luz se espalhar por refração nas nanopartículas. O mesmo se pode fazer comparativamente com a água pura, onde não será observado esse fenômeno (figura 45).

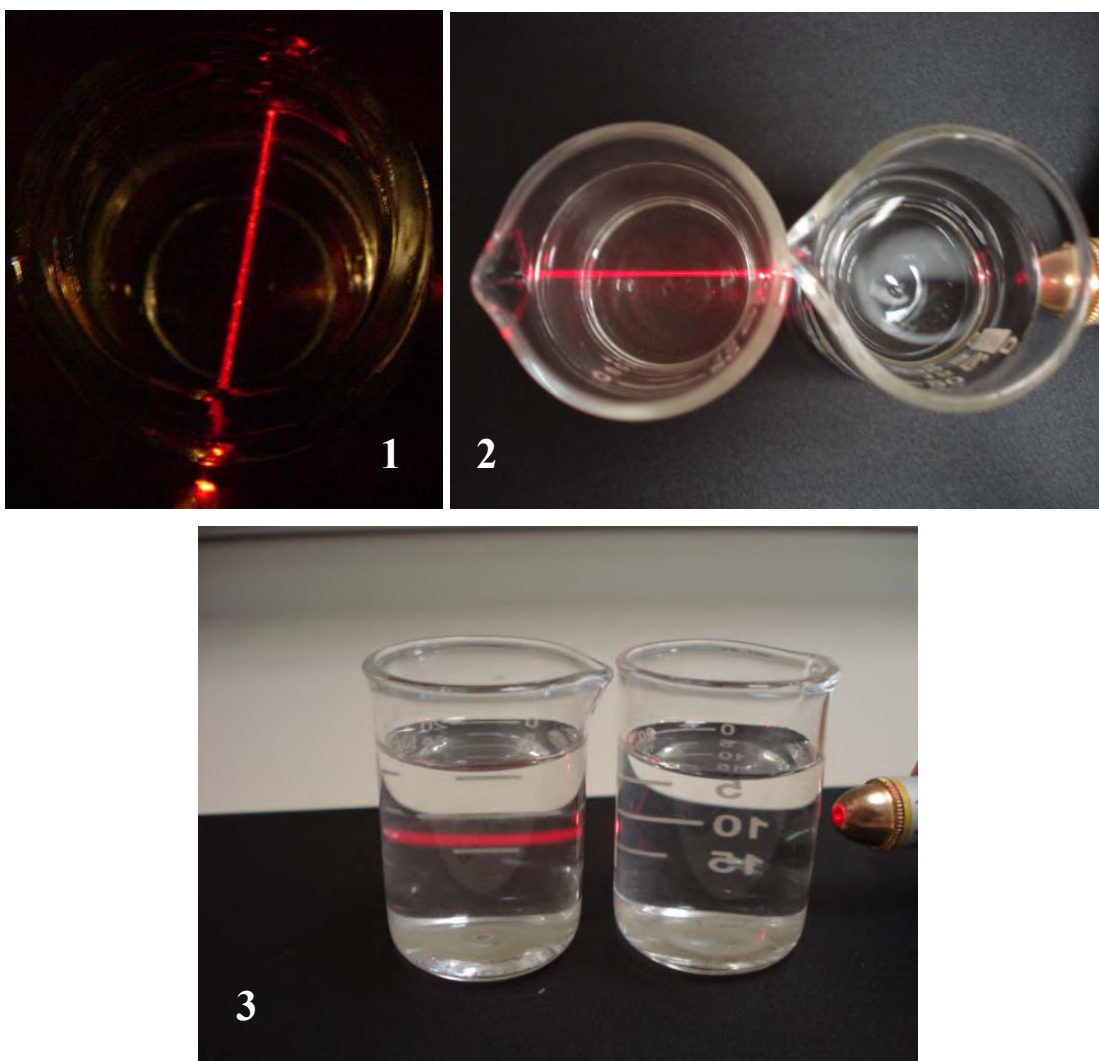


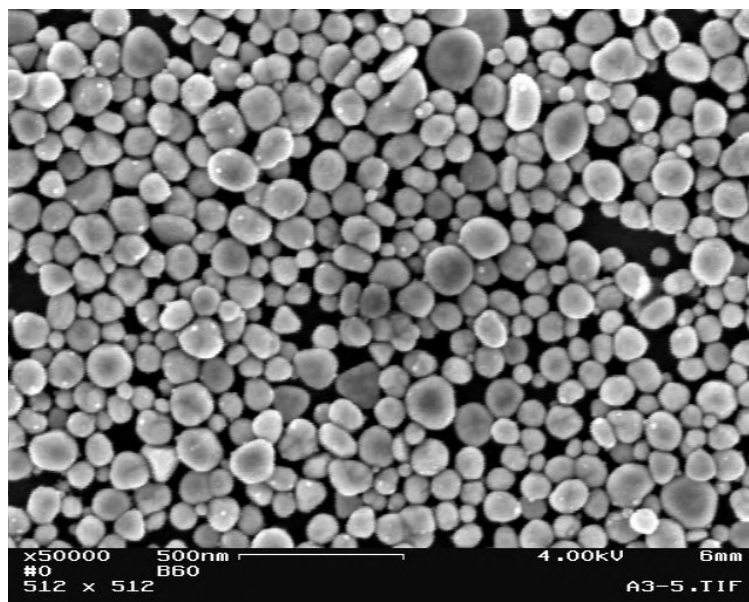
Figura 45. (1) Efeito Tyndall; (2) e (3) Comparação entre a prata coloidal sintetizada (esquerda) e água destilada (direita).

Prata coloidal é o resultado de um processo eletromagnético em que um eletrodo atrai partículas nanométrica da superfície do eletrodo de prata, dispersas num meio contínuo líquido, como a água.

A prata coloidal age como um inibidor, incapacitando enzimas usadas por micro-organismos, bactérias, fungos e vírus, de metabolizar processos vitais. Por isso a prata coloidal é conhecido como um poderoso antibiótico natural já conhecido a algum tempo pelo

homem . Estima-se que pode matar vários tipos de patógenos, como bactérias, vírus, fungos, leveduras. É o que se pode confirmar com certos eletrodomésticos, como os da linha Silver Nano Health System, da empresa coreana Samsung. As geladeiras, condicionadores de ar e lavadoras dessa empresa criam um ambiente protegido contra bactérias e fungos, pois têm a estrutura interna revestida com nanopartículas de prata.

É importante lembrar que partículas coloidais são nanopartículas, cujo fatia do mercado é estimada em mais de US\$ 40 bilhões anuais. E as potenciais aplicações em Medicina estão se realizando com a utilização de nanopartículas magnéticas no diagnóstico e tratamento do câncer, entrega inteligente de remédios no interior do corpo humano (drug-delivery) e nos cremes contra rugas (Schulz, 2005).



*Figura 46. Imagem das nanopartículas de prata por Microscopia Eletrônica de Varredura. Fonte: <[http://www.nano-size.com/products/silver\\_1.htm](http://www.nano-size.com/products/silver_1.htm)>.*

Se as partículas forem bem pequenas a prata coloidal será clara além de apresentar o efeito Tyndall característico dos colóides. Se as partículas formadas forem maiores a solução poderá se tornar amarela, vermelha e, no pior dos casos, azul escuro, onde as partículas são bem maiores.



Figura 47. Diferentes tamanhos de nanopartículas, diferentes cores de prata coloidal.

<[http://www.nationmultimedia.com/2007/07/31/technology/technology\\_30043033.php](http://www.nationmultimedia.com/2007/07/31/technology/technology_30043033.php)>.

Porém há especulações sobre o consumo da prata coloidal. Se uma pessoa ingeriu partículas grandes ou soluções sais de prata, como nitrato de prata, ela tem chance de adquirir uma condição conhecida como *argyria*. A *argyria* é caracterizada pela alteração na coloração da pele e mucosas, tornando-as escuras cinza-azuladas, pelo acúmulo de prata e seus derivados.

**Experimento adaptado de Make Your Own Colloidal Silver - Multiple Methods**  
<<http://www.quantumbalancing.com/makeyourowncs.htm>>.

## 5.5. Curiosidades da Nanociência e Nanotecnologia

### A menor guitarra do mundo que pode ser tocada

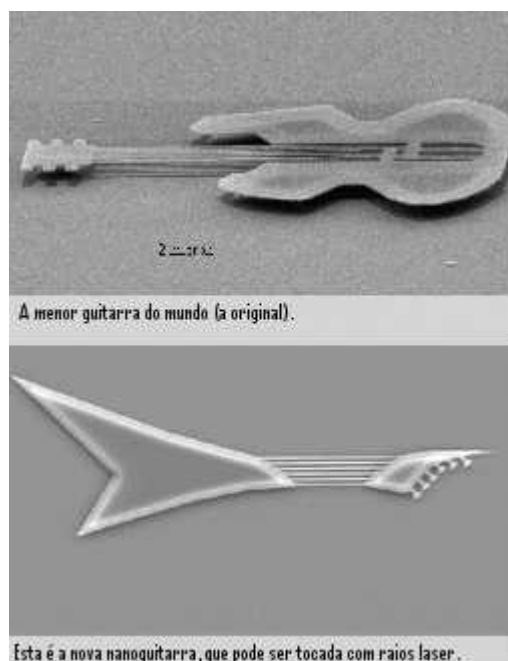


Figura 48. A primeira nanoguitarra e a nova nanoguitarra tocável. Fonte:  
<<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>.

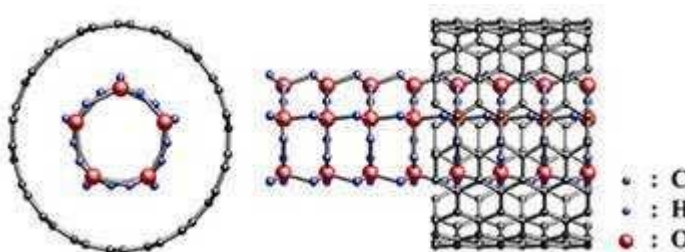
Pesquisadores da Universidade Cornell (EUA) construíram em 1997, há onze anos atrás, a menor guitarra do mundo mais ou menos do tamanho de um glóbulo vermelho. Em 2003 eles foram mais além e construíram uma nanoguitarra que pode ser tocada. Para isso, a nova nanoguitarra é cerca de cinco vezes maior do que sua antecessora, mas ainda exige um microscópio para ser vista. Suas cordas são feitas de silício, medindo cerca de 12 micrômetros de comprimento e com uma seção transversal de 150 por 200 nanômetros. Estas nanocordas vibram em frequências 17 oitavas mais altas do que as cordas de uma guitarra normal, algo como 130 vezes mais alto. Para tocá-la eles utilizam feixes de raios laser, e para ouvi-la, os pesquisadores utilizam um equipamento eletrônico específico para detectar as vibrações e convertê-las em sons audíveis. Fonte: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>.

### **Pontos de fusão e ebulição da água são alterados pela Nanotecnologia**

A água quando aprisionada no interior de um nanotubo de carbono, se mantém sólida a até 27° C e se torna vapor a apenas 45° C. Eles descobriram que a água presa no interior do nanotubo de carbono forma um nanotubo de gelo e seu ponto de fusão varia muito, dependendo do diâmetro do nanotubo. Em um nanotubo de carbono com 1,17 nanômetro de largura, o nanotubo de gelo consiste de estruturas circulares de cinco moléculas de água, que se passam para o estado líquido apenas quando a temperatura atinge 27° C.

Um fenômeno ainda mais interessante foi observado quando os cientistas aumentaram a temperatura do nanotubo de gelo até 45° C, sob pressão subatmosférica. A água vaporizou-se instantaneamente e saiu do nanotubo na forma de um jato de vapor.

O nanojato de água poderá ter inúmeras outras aplicações práticas, inclusive em microlaboratórios "lab-on-a-chip". Fonte: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>.



*Figura 49. Quando aprisionada no interior do nanotubo de carbono, a água se mantém sólida a até 27° C e se torna vapor a apenas 45° C. Fonte: < <http://www.inovacaotecnologica.com.br>>.*



## O cálice de Lycurgus

O produto mais antigo da nanotecnologia conhecido é o cálice do imperador romano Lycurgus, que remonta ao século IV D.C. e atualmente se encontra no museu britânico.



Figura 50. Imperador Licurgo. Fonte: <[www.aoc.gov](http://www.aoc.gov)>.

Esse cálice romano é feito de um vidro que aparenta ser verde sob luz refletida, mas é vermelho translúcido sob luz transmitida através dele. Esse efeito óptico é causado por nanopartículas compostas de ouro e prata de apenas 70 nm de diâmetro. Isso foi provavelmente obtido por acidente, de modo que é um exemplo de nanoartesanato e não de tecnologia, que se baseia em protocolos que podem ser reproduzidos (Schulz, 2005).



Figuras 51 e 52. Os cálices de Licurgo, exemplo de “nanoartesanato” do século IV D.C. Fonte: <[www.istmona.org/news/20070731.asp](http://www.istmona.org/news/20070731.asp)> e <<http://www.cambridge2000.co>>.

Isso ocorre devido à excitação dos elétrons nas nanopartículas metálicas, neste caso o ouro e a prata, suspensas dentro da matriz do vidro, gerando plásmons de superfície.

Plásmons são oscilações com maior densidade de elétrons que se propagam ao longo da interface metal/vidro como ondas que se espalham na superfície de um lago após uma pedra ser atirada na água.

Quando visto na luz refletida, a dispersão plasmônica confere à taça uma coloração esverdeada, mas se a fonte de luz é colocada dentro dela, o vidro muda para vermelho porque só transmite os comprimentos mais longos e absorve os mais curtos (azul e verde) do espectro visível.

Os plásmons foram descobertos quando a equipe do Dr. Thomas Ebbesen incidiu luz sobre uma placa de ouro contendo furos menores do que 1 micron, (menor que o próprio comprimento de onda dessa luz). Eles esperavam ver muito pouco ou praticamente nada da luz no outro lado de placa mas, para sua surpresa, saía mais luz do outro lado do que entrava.

Alquimistas e fabricantes de vidro, por milênios, sem a compreensão desse fenômeno, tiraram proveito dos plásmons ao criar copos e vitrais coloridos que incorporavam pequenas partículas metálicas no vidro.

### **Nova teoria propõe como tornar objetos invisíveis**

Para fazer o objeto ficar invisível, os cientistas alteraram a forma como ele reflete a luz, utilizando plásmons (os mesmos plásmons gerados no Cálice de Lycurgo). Os objetos são visíveis aos nossos olhos porque eles refletem a luz do espectro visível. As cores dos objetos variam conforme o comprimento de onda da luz que eles refletem. A parcela da luz não refletida é a parcela que foi absorvida pelo objeto. O que os cientistas fizeram foi alterar essa capacidade de reflexão, fazendo com que a energia dos plasmons coincidisse com a energia da luz, e com isso toda a luz incidente fosse absorvida de um lado e emitida do outro lado do objeto. Fonte: <<http://www.inovacaortecnologica.com.br>>.

### **A borboleta azul**

A cor azul das asas das borboletas, como as (*Morpho* sp.) que moram nas matas brasileiras, parecem mudar seu brilho de acordo com a posição de quem olha. Esse fenômeno é chamado de iridescência e é parecido com o que ocorre em uma mancha de óleo na água, numa bolha de sabão, movimentando um CD ou até nas penas de algumas aves, como, por exemplo, o beija-flor. Se observarmos as asas da borboleta com um microscópio óptico, poderemos ver que elas têm escamas. Se aumentarmos a resolução, veremos que cada escama é

formada por estrias que, por sua vez, apresentam ranhuras separadas entre si por películas nanoscópicas transparentes. O fenômeno óptico que acontece devido à interação da luz naqueles espaços diminutos é o responsável pela iridescência que observamos (NanoAventura, 2005).

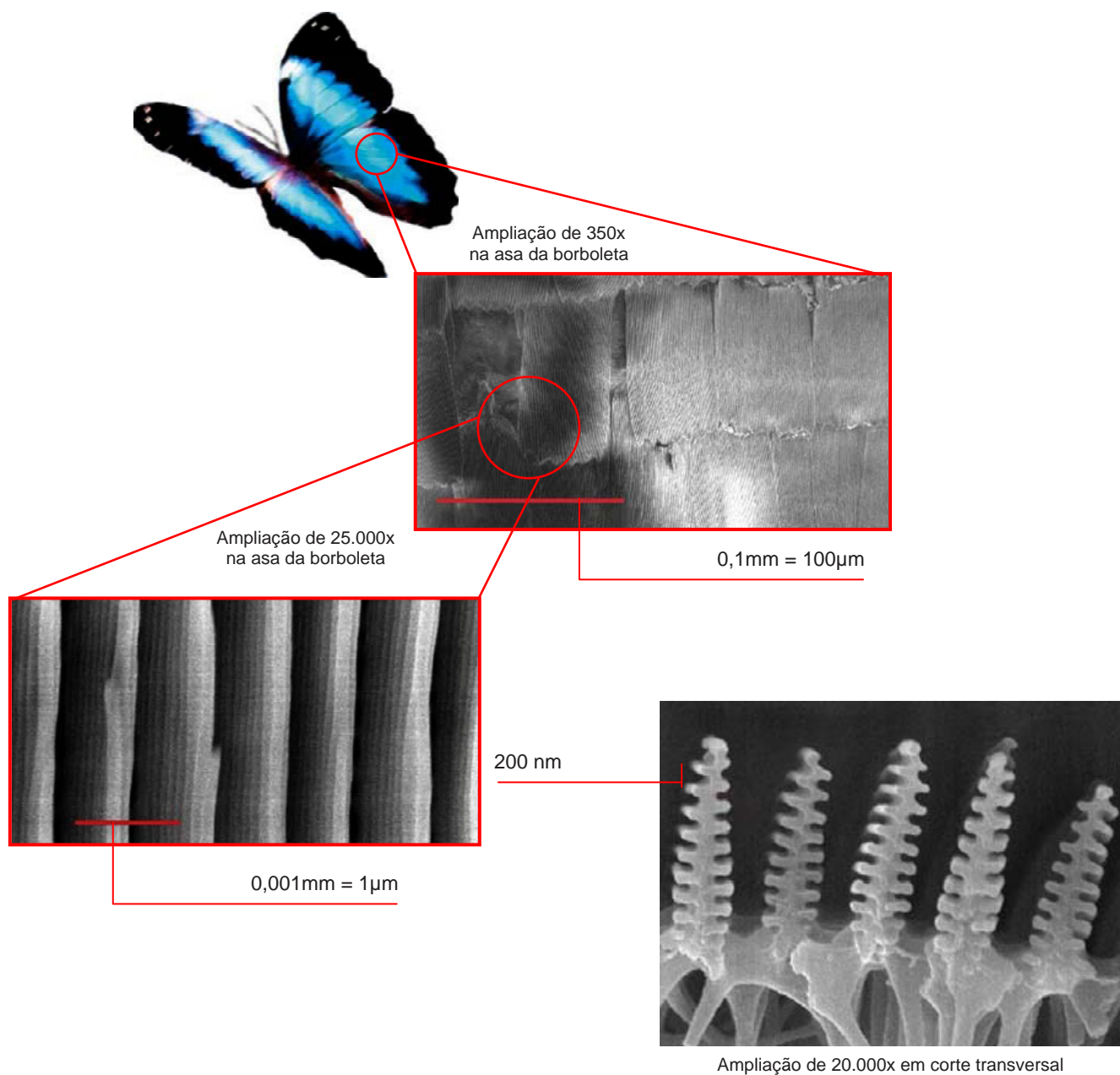


Figura 53. Imagens: Paulo Cesar Silva - LME/LNLS.

### Cientistas criam o menor carro do mundo

Uma equipe de cientistas da Universidade de Rice, em Houston (EUA), desenvolveu o que pode ser considerado o menor veículo do mundo. Batizado de nanocarro, o protótipo nada mais é que uma molécula orgânica de quatro nanômetros de comprimento por três nanômetros de largura, e é movido à luz.



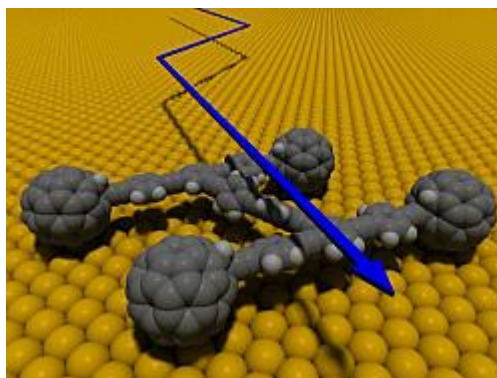


Figura 54. O menor carro do mundo. Fonte: <<http://carsale.uol.com.br/noticias/ed101not4875.shtml>>.

### Diamante mais duro

O diamante é a mais dura substância natural que se conhece. A mais dura substância do mundo é um agregado de nanobarras de diamante, que é 1,11 vez mais duro que o diamante comum.



Figura 55. Formiga carrega um microchip que mede  $1\text{mm}^2$ , em imagem da Universidade de Huddersfield, Londres. Fonte: <<http://educacao.uol.com.br/atualidades/ult1685u220.jhtm>>.

### Menor motor do mundo

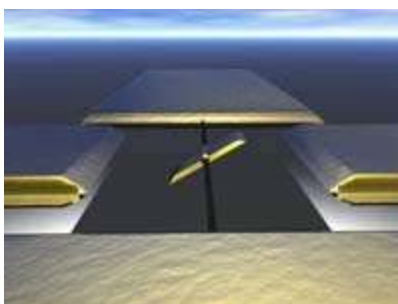


Figura 56. O menor motor do mundo. Fonte: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>.

Engenheiros da Universidade de Berkeley (Estados Unidos) lançaram o primeiro motor na escala do nanômetro que possui um rotor de ouro fixado em um eixo de nanotubo de carbono. O nanomotor inteiro é menor do que um vírus.

O rotor do nanomotor pode ser posicionado em qualquer ângulo ao contrário dos motores atuais, com isso pode ser utilizado em circuitos óticos num processo chamado de chaveamento ótico, onde age efetuando o redirecionamento da luz. O rotor pode ainda ser movimentado rapidamente para frente e para trás para criar um oscilador de microondas, ou ainda, o rotor em movimento pode ser utilizado para homogeneizar líquidos em equipamentos microfluídicos, os *lab-on-a-chips*. Fonte: <<http://www.inovacaortecnologica.com.br>>.

## **6. Impactos do uso da nanotecnologia**

Como toda nova tecnologia surge a preocupação sobre os impactos negativos causados pela nanotecnologia, uma vez que muito pouco se sabe sobre o dano que esses novos materiais podem causar e ainda não há respostas precisas para todas essas questões.

Uma coisa é certa a nanotecnologia terá impactos sociais e econômicos: os cientistas acreditam que diversas áreas da economia serão afetadas, tornando produtos obsoletos e produzindo desemprego, ao menos num primeiro momento. Isto vem acontecendo desde a primeira Revolução Industrial, no século XVIII, e a sociedade tem se adaptado às novas tecnologias que não devem ser condenadas de antemão (UOL, 2006).

A nanotecnologia também vai gerar problemas no campo da bioética e sofrer as mesmas resistências que existem em relação aos transgênicos. Vale lembrar que a nanotecnologia já atua no ramo da alimentação, em mais de 500 produtos que contêm nanoaditivos sintéticos. Porém, ainda não existe nenhum controle ou legislação sobre eles.

### **6.1. Social**

O desenvolvimento de produtos com tecnologia nano pode criar mudanças importantes nos planos social e econômico, uma vez que haverá criação de novos empregos em novas áreas, mas por outro lado alguns irão desaparecer.

O avanço da nanotecnologia pode permitir que países em desenvolvimento entrem em alinhamento com países desenvolvidos, mas pode também aumentar as diferenças entres estes, inclusive o uso dessa tecnologia em equipamentos militares podem desenvolver muito o poderio militar de algumas nações.

Outro fator é um aumento significativo e incontrolável da aquisição e demanda de informações, podendo gerar problemas incalculáveis.

A descoberta das características maléficas da nanotecnologia poderia gerar uma onda de nanoterrorismos comparada ao bioterrorismo e às armas químicas.

## 6.2. Meio Ambiente

A manipulação da matéria na escala nanométrica, tem produzido efeitos positivos na área ambiental. As resinas magnéticas têm a capacidade de remover metais da água, o que deverá ser utilizado no tratamento de efluentes. A nanotecnologia desenvolveu partículas capazes de remover contaminantes onde outros processos químicos não tem sucesso. Cientistas apostam na nanotecnologia como a garantia de que o mundo conseguirá, enfim, o desenvolvimento sustentável. Da mesma forma que as vantagens dessa tecnologia são nítidas para o meio ambiente, alguns pesquisadores começam a alertar para o impacto dos nanomateriais nas áreas da saúde e do meio ambiente. Um estudo apresentado pela American Chemical Society mostra que buckyballs ( $C_{60}$ ), ou fulerenos, podem ser prejudiciais a animais aquáticos, causando danos cerebrais. Muito ainda deve ser feito para compreender os impactos nos mares, rios, florestas e animais, considerando que ainda há pouco estudo nessa área.

## 6.3. Saúde

O fato das nanopartículas serem da mesma dimensão de estruturas celulares, sugere que essas partículas podem iludir as defesas naturais do organismo e prejudicar as células.

Assim como estudos já realizados sobre outras partículas tóxicas fornecem informações importantes sobre minerais de quartzo, asbestos ou amiantos e partículas associadas à poluição do ar, permite supor que a inalação de nanopartículas, tais como nanotubos, podem gerar danos aos pulmões e sistema respiratório. Portanto pesquisadores e técnicos devem trabalhar com todo cuidado possível, até que estudos mais detalhados possam identificar os reais potenciais dessas partículas.

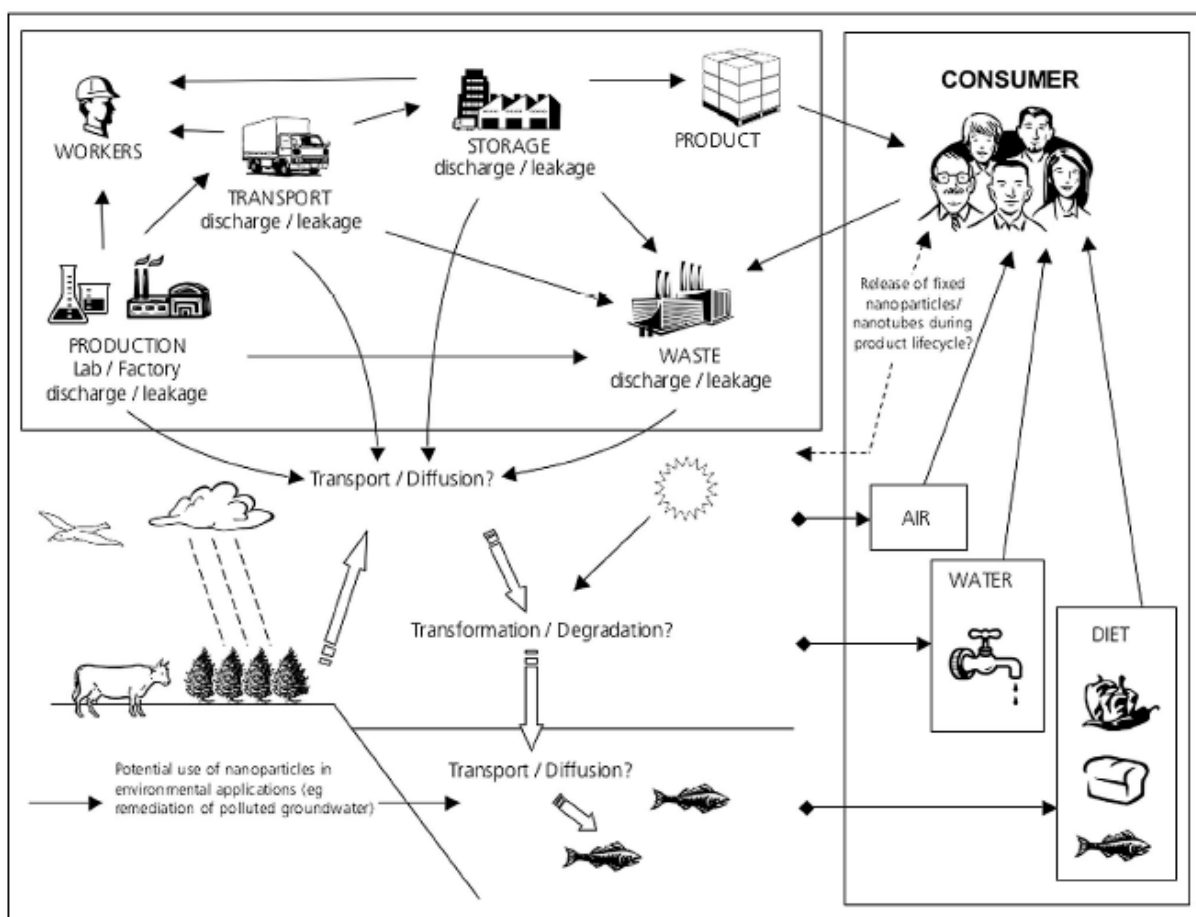


Figura 57. Rotas de exposição aos nanomateriais. Fonte: <http://educacao.uol.com.br/atualidades/ult1685u220.jhtm>.

O contato com a pele também pode trazer problemas gerados pela absorção cutânea. Já existem protetores solar utilizando nanopartículas de dióxido de titânio em sua composição, sem recomendações sobre eventuais riscos.

## 7. Cenário Atual e Futuro

### 7.1. Iniciativas mundiais

O mundo da nanotecnologia se expande em ritmo acelerado, com uma demanda de investimentos intenso. Os EUA têm destinado mais dinheiro a esse ramo de pesquisas do que aplicaram em qualquer outra iniciativa desde o programa Apollo, na década de 60, que levou o homem à Lua. Em 2007, gastaram 1,2 bilhão de dólares em laboratórios, seguindo a média dos últimos anos. O Japão tem investido em proporção quase igual. Os pesquisadores chineses aderiram de tal forma a essa nova dimensão da ciência que, em 2005, a China assumiu a liderança na publicação de artigos científicos sobre o tema. A Fundação Nacional de Ciência dos Estados Unidos avalia que em 2015 o mercado mundial de nanotecnologia circulará 1 trilhão

de dólares. Perspectivas e investimentos desse nível fizeram com que o nanotecnologia deixasse de ser apenas uma tecnologia emergente (Heitor Shimizu, 2006).

## **7.2. A Nanotecnologia no Brasil**

No Brasil os investimentos ainda são muito “nano”, mas mesmo assim já foram feitos avanços significativos na criação de quatro redes nacionais em nanotecnologia, além de várias sub-redes temáticas, mobilizando mais de 300 pesquisadores e 600 pós-graduandos em todo o país. Porém ainda é pouco se comparado com os investimentos em pesquisa em nanotecnologia no exterior.

Alguns marcos relevantes no desenvolvimento da nanotecnologia no país:

**1987** – Investimento do CNPq em equipamentos para técnicas de crescimento epitaxial de semicondutores;

**2001** - Criadas as 4 redes de nanotecnologia CNPq/MCT e apoiados 4 Institutos do Milênio na área;

**2003** - Criado o Grupo de Trabalho de Nanotecnologia para elaboração do Programa de nanotecnologia;

**2003** – Criada a Coordenação-Geral de Políticas e Programas de Nanotecnologia. Atualmente Coordenação de Micro e Nanotecnologias;

**2004** - Início do Programa Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia no âmbito do PPA – 2007;

**2004** - Criado do GT para estudo sobre a implantação do Laboratório Nacional de Micro e nanotecnologia;

**2004** – Criada a Ação Transversal de Nanotecnologia nos Fundos Setoriais;

**2004** - Instituída a Rede BrasilNano e seu Comitê Diretor;

**2005** - Designados os membros do Conselho Diretor da Rede BrasilNano;

**2005** – Lançado o Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN);

**2005** – Assinado o Protocolo de Intenções entre Brasil e Argentina criando o Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia (CBAN).

**Fonte: Ministério da Ciência e Tecnologia, <<http://www.mct.gov.br>>.**



Figura 56. As Resumo dos projetos aprovados em 2005 pelo Programa de Desenvolvimento da Nanotecnologia e da Nanociência de 2004 a 2007. Fonte: < <http://www.mct.gov.br>>.

### Recursos Aplicados em N&N no Brasil - MCT

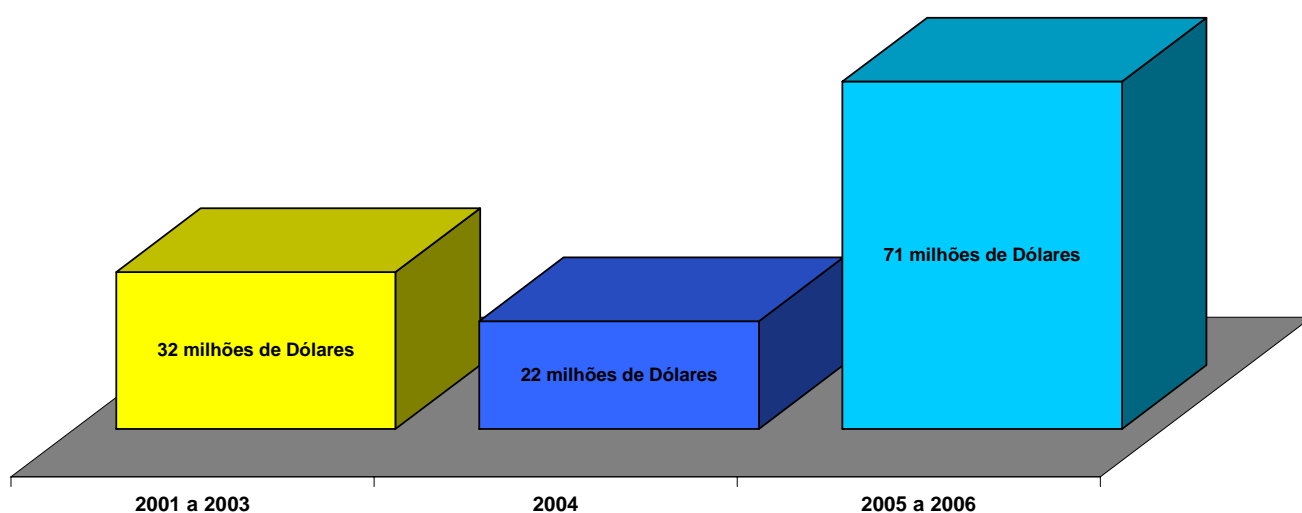


Gráfico 1. Recursos aplicados em Nanotecnologia e nanociência no Brasil. Fonte: < <http://www.mct.gov.br>>.

<b>Rede</b>	<b>Pesquisadores</b>	<b>Instituições</b>	<b>Empresas</b>	<b>Artigos</b>	<b>Patentes</b>
Nanobiotecnologia	92	19	9	674	25
Nanosemimat	55	18	1	970	15
Nanoestruturados	150	23	*	225	*
RENAMI	61	17	3	450	57
<i>Total</i>	258	77	13	991	97

\*Não fornecido

*Tabela 1. Produção das redes de nanotecnologia até 2005. Fonte: < <http://www.mct.gov.br>>.*

## 8. Considerações Finais

Este trabalho visa ser um material para o professor de química e de outras ciências ter como referência para abordagem do assunto nanociência e nanotecnologia voltada para o ensino médio, explorando sua natureza rica em conteúdos e multidisciplinar.

Com base nele o professor pode buscar informações prévias e articular várias formas de ação ou recursos pedagógicos, programar suas diferentes etapas, dividir tarefas e responsabilidades no grupo, buscar e trocar idéias, desenvolver as ações previstas, avaliá-las e relatá-las, usando diferentes meios e instrumentos de comunicação, interagir com outras disciplinas.

A abordagem de temas de relevância científica, como a nanotecnologia, para serem trabalhados no ensino médio, é sugerida nos PCN+(Ensino Médio). A nanociência e a nanotecnologia por estarem associadas à contextualização econômica, social e principalmente científico-tecnológica, estão fundamentadas também no conhecimento químico, e são extremamente aptos a possibilitar ao aluno uma compreensão tanto dos processos químicos em si, quanto da construção do conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas.

Ao longo deste tema podem ser abordados vários assuntos da base curricular comum da química, como por exemplo, átomos e sua características, propriedades da matéria, interações intermoleculares, tabela periódica, colóides e suas propriedades, evolução do pensamento científico, bem como a inserção de conteúdos tecnológicos atuais como a nanotecnologia estimulando aprendizado e o desenvolvimento de uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão das técnicas e dos princípios científicos relacionados.

O presente trabalho também apresenta propostas de atividades experimentais de fácil acesso e baixo custo, que podem ser levadas para o laboratório, demonstrações em sala de aula, assim como para uma feira de ciências ou outras atividades extraclasse. Elas estão em consonância com os conteúdos expostos reforçando o processo de aprendizado estimulando a observação e o desenvolvimento da habilidade de deduzir. Estas atividades, como confirmam os PCNs, merecem especial atenção no ensino de Química:



*“... essas atividades devem possibilitar o exercício da observação, da formulação de indagações e estratégias para respondê-las, como a seleção de materiais, instrumentos e procedimentos adequados, da escolha do espaço físico e das condições de trabalho seguras, da análise e sistematização de dados” (PCN+, 2000).*

*“A possibilidade de redescoberta também faz parte da Nanotecnologia” (Toma, 2005).*

Este fato deve ser encarado como um aliado importante no processo de aprendizado. Com a nanotecnologia surge oportunidade de extrair novas propriedades para materiais até então plenamente conhecidos, e novas teorias para assuntos dominados e esgotados. Essa característica da nanotecnologia remete ao desenvolvimento da habilidade de atribuir um novo enfoque a situações-problema ocorridas na sala de aula, no laboratório ou mesmo no cotidiano, ampliando a possibilidade de extrair soluções antes não identificadas. Da mesma forma que essas “novas” propriedades sempre estiveram lá o tempo todo e não se enxergava por falta de tecnologia, o aluno será estimulado a buscar novos conhecimentos para resolver velhos desafios. Esse aprendizado o aluno vivencia durante toda a sua vida.

Além disso introduzir nanociência e nanotecnologia no Ensino Médio é uma importante forma de estimular o aluno a aprender. Ao expor novos paradigmas permite-se que o aluno tome parte dessa realidade, e de alguma forma participe ou pelo menos perceba a revolução que essa nova tecnologia está causando no mundo todo, e que pode estar mais perto dele do que ele imagina.

*“A consciência de que o conhecimento científico é assim dinâmico e mutável ajudará o estudante e o professor a terem a necessária visão crítica da ciência. Não se pode simplesmente aceitar a ciência como pronta e acabada e os conceitos atualmente aceitos pelos cientistas e ensinados nas escolas como” verdade absoluta “. Assim, por exemplo, a investigação de compostos químicos interestelares conduziu recentemente à inesperada identificação de uma nova classe de alótropos de carbono batizados de “fulerenos”, abrindo um campo de pesquisa inteiramente novo” (PCNEM, 2000).*

Ao abordar essas novas tecnologias, deve-se também alertar sobre a necessidade de criar leis para controlar e tornar seguro o seu desenvolvimento, além de grupos de trabalho que possam pesquisar profundamente o impacto desses desenvolvimentos visando assegurar que apenas produtos seguros possam ser comercializados. Com a nanotecnologia e a nanociência não deve ser diferente. Ainda há pouco estudo nessa área e muito ainda deve ser feito

para compreender os impactos nos mares, rios, florestas, animais e nos seres humanos e isso deve ser levado para os alunos.

A nanotecnologia poderá ser aplicada da primeira à terceira série do ensino médio, observando, é claro, o grau de embasamento necessário dos alunos nos conceitos da química como átomos, forças de Van der Waals, propriedades da matéria, tabela periódica e etc, bem como as habilidades neles já desenvolvidas necessárias para o entendimento e a compreensão da importância dos avanços científico-tecnológicos. Esses conceitos podem ser aplicados dando ênfase aos aspectos curiosos e inovadores, como a menor guitarra do mundo ou a nova teoria que propõe tornar objetos invisíveis, assim como as aplicações já conhecidas do cotidiano e da natureza como, por exemplo, a espessura do traço do grafite ou a iridescência da asa das borboletas ou da jóia opala. Essa abordagem, juntamente com as propostas de atividades farão a ponte para o conhecimento das técnicas e ferramentas mais modernas da atualidade.

## 9. Referências Bibliográficas

A MENOR GUITARRA DO MUNDO QUE PODE SER TOCADA. Redação Inovação Tecnológica, 27 nov. 2003. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>. Acessado em: 3 jun. 2005.

A NANOTECNOLOGIA NO BRASIL INVESTIMENTOS/INICIATIVAS. Seminário ABIT/SINDITÊXTIL, MCT, São Paulo, 31 ago. 2006. Disponível em: <[http://www.abit.org.br/nano\\_abit.pdf](http://www.abit.org.br/nano_abit.pdf)> Acessado em: 11 fev. 2008.

BIOCHIP DETECTA CÉLULA CANCEROSA NO MEIO DE UM BILHÃO DE CÉLULAS SADIAS, Redação Inovação Tecnológica, 02 jan. 2008. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>. Acessado em: 11 fev. 2008.

**FEYNMAN**, Richard P.. *There's Plenty of Room at the Bottom: An Invitation to Enter a New Field of Physics*, First published in Engineering and Science magazine, vol. XXIII, no. 5, February 1960. California Institute of Technology, 1960.

**KAR**, Tapas; **KURTZ**, Annie; **ANDERSON**, Melissa. *Pilot program to integrate nanotechnology in Utah's high schools*, The NanoTechnology Group Inc-TNTG, USA, 2006. Disponível em: <<http://www.tntg.org/documents/SPIEK12Nano.pdf>>. Acessado em: 14 fev. 2008.

MAKE YOUR OWN COLLOIDAL SILVER - MULTIPLE METHODS. EMR Labs, LLC, 1996-2005. Disponível em: <<http://www.quantumbalancing.com/makeyourownecs.htm>>. Acessado em: 11 mar. 2008.

**MARTINS**, Paulo R.. *Nanotecnologia: o próximo desafio aos professores*, Jornal da APEOPESP, n. 271, março/abril 2007. p-08. Disponível em : <[http://www.apeoesp.org.br/jornal/jornal\\_marco\\_2007/Pag8.pdf](http://www.apeoesp.org.br/jornal/jornal_marco_2007/Pag8.pdf)>. Acessado em: 03 mar. 2008.

NANOAVENTURA NA ESCOLA: INFORMAÇÕES, CURIOSIDADES E ATIVIDADES. Projeto NanoAventura, Coordenação: Marcelo Knobel- UNICAMP, 2005. Disponível em : <<http://www.nanoaventura.org.br>>. Acessado em: 08 fev. 2008.

NANOTECNOLOGIA IMPULSIONA REVOLUÇÃO CIENTÍFICA. Universo On Line - UOL, Atualidades, 2006. Disponível em : <<http://educacao.uol.com.br/atualidades/ult1685u220.jhtm>>. Acessado em: 11 fev. 2008.

**NEWCOMBE**, Alice, *Determining the thickness of a pencil line drawn on paper using an electrical test method*, The Pencil Pages Articles & Publications, 2006. Disponível em: <<http://www.pencilpages.com/articles/thickness.doc>>. Acessado em: 10 mar. 2008.

NOVA TEORIA PROPÕE COMO TORNAR OBJETOS INVISÍVEIS. Redação Inovação Tecnológica, 02 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>. Acessado em: 3 jun. 2005.

O MENOR MOTOR DO MUNDO. Redação Inovação Tecnológica, 29 jul. 2003. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>. Acessado em: 3 jun. 2005.

O MERGULHO NUM MUNDO INVISÍVEL. Heitor Shimizu, Revista Veja, Editora Abril, 2006. Disponível em: <[http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia\\_2006/p\\_016.html](http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia_2006/p_016.html)>. Acessado em: 11 fev. 2008.

O MUNDO NANO NÃO É FICÇÃO. Professor Henrique Toma, entrevistado por Eduardo Geraque em 05 nov. 2004, FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, Agência FAPESP - Divulgação a cultura científica, Quarta-feira, 22 de dezembro de 2004.

PCN+, Orientações Educacionais Complementares aos PCNEMs, Ensino Médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasil, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb>>. Acessado em: 15 fev. 2008.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS(PCNEM), Ensino Médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasil, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb>>. Acessado em: 15 fev. 2008.

PONTOS DE FUSÃO E EBULIÇÃO DA ÁGUA SÃO ALTERADOS PELA NANOTECNOLOGIA. Redação Inovação Tecnológica, 06 jan. 2005. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br>>. Acessado em: 10 jun. 2005.

PROGRAMA DESENVOLVIMENTO DA NANOCIÊNCIA E DA NANOTECNOLOGIA. Ministério da Ciência e da Tecnologia, PPA 2004-2007. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0002/2361.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0002/2361.pdf)>. Acessado em: 11 Fev. 2008.

**ROCHA-FILHO**, Romeu C.. *Os Fullerenos*, QUÍMICA NOVA NA ESCOLA, n. 4, nov. 1996. Disponível em: <<http://sbqensino.foco.fae.ufmg.br/qnesc>>. Acessado em: 08 fev. 2008.

**SCHULZ**, Peter A. B.. *Nanociência de baixo custo*, Física na Escola, v. 8, n. 1, 2007. Disponível em : <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num1/v08n01a02.pdf>>. Acessado em: 12 fev. 2008.

**SCHULZ**, Peter A. B.. *Nanociência e Nanotecnologia*, Física na Escola, v. 6, n. 1, 2005. Disponível em : <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/nano.pdf>>. Acessado em: 12 fev. 2008.

**SILVA**, Cylon Gonçalves da. *Nanociência e Nanotecnologia*, SBPC/Labjor, Brasil, 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano10.htm>>. Acessado em: 06 jun. 2005.

**TOMA**, Henrique E., *O Mundo Nanométrico: A Dimensão do Novo Século*, Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2003.

**TOMA**, Henrique. *Química e Nanotecnologia: é hora de despertar*, Informativo CRQ, 2005.

UMA INTRODUÇÃO À NANOTECNOLOGIA, Semana da Eletrônica, 2004. Disponível em: <<http://www.ica.ele.puc-rio.br/cursos/download/nanotecnologia-site.pdf>>. Acessado em: 10 jun. 2005.

## 10. Bibliografia Consultada

A IDADE DOS DIAMANTES NA SPINTRÔNICA. David D. Awschalom, Ryan Epstein, Ronald Hanson, Revista Scientific American Brasil, Duetto, n.66 , novembro 2007. pág. 63.

A GUERRA INVISÍVEL CONTRA AS RUGAS, Paula Neiva, Revista Veja, Editora Abril 26 janeiro de 2005 Ano 38 - no 4 - edição 1889. pág. 72-73

AS SURPREEDENTES PROMESSAS DA PLASMÔNICA. Harry A. Atwater, Revista Scientific American Brasil, Editota Duetto, jan. 2008, no 22 - edição especial : Nanotecnologia. pág. 60.

**BERGER**, Michael. *Plasmonics and optical tweezers - nanotechnology that manipulates with light*, Nanowerk LLC, 2007. Disponível em: <<http://www.ist-mona.org/news/20070731.asp>>. Acessado em: 12 fev. 2008.

**FORMIGA**, André Luiz Barboza. *Nanotecnologia: abordagem supramolecular*, 2007. Disponível em: < [http://www.ica.ele.puc-rio.br/nanotech/notas/aula\\_NanoSupra.pdf](http://www.ica.ele.puc-rio.br/nanotech/notas/aula_NanoSupra.pdf)>. Acessado em: 11 fev. 2008.

NANOTECNOLOGIA: CURIOSIDADES, PUC. Disponível em: <[http://www.ica.ele.puc-rio.br/nanotech/nano\\_curiosidades.asp](http://www.ica.ele.puc-rio.br/nanotech/nano_curiosidades.asp)>. Acessado em: 28 fev. 2008.

NANOTECNOLOGIA, O FUTURO É AGORA. Dirigido por Alexandre Quaresma, Rede de Pesquisas em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma) em novembro de 2007. Disponível em : <<http://nanotecnologia.incubadora.fapesp.br/portal/materias/renanosoma-lanca-documentario-em-video-201cnanotecnologia-o-futuro-e-agora201d/>>. Acessado em: 03 mar. 2008.

POLÍTICAS DE ENSINO MÉDIO: ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS. MEC – Governo Federal, 2007. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/index.php?option=com\\_content&task=view&id=406&Itemid=392](http://portal.mec.gov.br/seb/index.php?option=com_content&task=view&id=406&Itemid=392)> . Acessado em: 05 mar. 2007.

**RELATÓRIO NANOTECNOLOGIA INVESTIMENTOS, RESULTADOS E DEMANDAS.**

Ministério da Ciência e da Tecnologia, Junho de 2006. Disponível em:

<<http://www.mct.gov.br>>. Acessado em: 17 mar. 2008.

**REVOLUÇÃO EM PEQUENA ESCALA: NANOTECNOLOGIA.** **RIBEIRO**, Marili, Revista FAPESP - Ciência e Tecnologia no Brasil, No 90 - Agosto de 2003.

**ROCCO**, Ana Maria. Nanocompósitos poliméricos, 2ª Escola de Nanociência e Nanotecnologia, UFRJ, Escola de Química, 2007. Disponível em:

<[http://www.metalmat.ufrj.br/escolanano/Nanocompositos\\_polimericos\\_AnaMariaRocco.pdf](http://www.metalmat.ufrj.br/escolanano/Nanocompositos_polimericos_AnaMariaRocco.pdf)>. Acessado em: 11 fev. 2008.

**SYLVERGEN TECHNICA**, SilverGen Inc. Disponível em:

<<http://www.silvergen.com/technica.htm>>. Acessado em: 11 mar. 2008.